Elettronica e telecomunicazioni

Anno LXVIII - Numero 1/2019

NUMERO MONOGRAFICO DEDICATO AL 5G

La rivista è disponibile su web
alla URL www.crit.rai.it/eletel/

Anno LXVIII
N° 1/2019
Dicembre 2019

Rivista periodica a cura della Rai

Direttore responsabile
Gianfranco Barbieri

Redazione
Gemma Bonino
Alberto Ciprian
Roberto Del Pero

Indice

Immagine di copertina creata da Alberto Ciprian

Editoriale

Gino **Alberico**, Alberto **Morello**
Rai - Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione

L'arrivo dirompente delle tecnologie 5G e delle relative infrastrutture ha il potenziale di aprire nuovi scenari per i cittadini e l'industria, quella dei media in particolare.

Ci stiamo affacciando ad un mondo dove ogni cittadino, che viva in città o in campagna, potrà disporre sempre più spesso di connettività wireless per accedere ai media di alta qualità e ai servizi interattivi. E questo sarà abilitato da un sistema (il 5G) più universale, flessibile ed efficiente dal punto di vista energetico rispetto a quelli precedenti (4G, 3G,…); un sistema che può soddisfare non solo le aspettative di oggi per l'accesso ai media, ma anche il mondo emergente delle auto a guida autonoma. Sarà una piattaforma che utilizzerà la tecnologia più efficiente a seconda delle circostanze: ricezione in casa e a bordo di veicoli in movimento; in città e nelle aree rurali; verso pochi o verso molti utenti.

Gli studi portati avanti dal Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione Rai *e dagli altri centri ricerca dei broadcaster europei dell'EBU, raccontati in questo numero speciale di "Elettronica e Telecomunicazioni", indicano che possiamo realizzare questa promessa solo attraverso la combinazione intelligente delle reti mobili cellulari e delle reti televisive terrestri e satellitari.*

Il concetto chiave è quello della rete cooperativa accoppiata con ricevitori intelligenti. La nuova architettura sarà in grado di sfruttare il potenziale delle reti broadcast (quelle indicate come HPHT, High-Power, High-Tower) per servire un infinito numero di utenti contemporaneamente (protocolli 5G multicast), combinato con la capacità e la bidirezionalità delle reti cellulari (LPLT, Low-Power, Low-Tower) 5G per fornire servizi interattivi e personalizzati a ciascun utente (protocolli 5G unicast). La vasta copertura del satellite può essere utilizzata per integrare il servizio nei luoghi dove sarebbe inefficiente utilizzare i trasmettitori terrestri. Per l'utente questo significa avere un servizio ininterrotto ovunque si trovi.

In questo numero troverete la descrizione delle tecnologie 5G e del loro percorso evolutivo all'interno degli enti di standardizzazione (3GPP), la sintesi dei risultati dei numerosi progetti di ricerca Europei H2020 a cui il CRITS ha partecipato e partecipa, il resoconto delle numerose prove su larga scala effettuate dalla Rai e dagli altri Centri di Ricerca europei, usando contenuti generati dai membri EBU, tra i quali eventi sportivi, riprese dal vivo in 4k con droni e video immersivi.

L'obiettivo di questo numero di Elettronica e Telecomunicazioni è andare al di là dei facili trionfalismi sulle nuove tecnologie e fornire un approfondimento critico sulle prestazioni tecniche, un'analisi strategica del potenziale delle nuove tecnologie, in termini di potenzialità di servizio e di costi, e un confronto con altre soluzioni tecnologiche affermate o in via di sviluppo. Cercheremo, quindi, di rispondere alle seguenti domande sul 5G (unicast e broadcast): sarà il successore del DVB-T2 per portare la televisione al televisore domestico oppure sarà limitato a fornire i servizi media ai terminali mobili (smartphone e tablet)? Sarà possibile la copertura ubiquitaria della TV-mobile utilizzando solo le torri broadcast? Quali vantaggi ha il 5G-broadcast rispetto ai sistemi storici di TV mobile (DVB-H, Media-Flo, DVB-NGH e T2-lite, …) che non hanno avuto il successo di mercato sperato?

Vi auguriamo buona lettura …

191_01_2.02

La tecnologia 5G:
evoluzione o rivoluzione?

Assunta **De Vita**, Vittoria **Mignone**,
Rai - Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione

La trasformazione derivante dall'introduzione della quinta generazione di tecnologia mobile, il 5G, rappresenterà un volano positivo per lo sviluppo della società, in quanto si prefigura come una delle rivoluzioni tecnologiche più importanti del nostro tempo.

La sfida del 5G, e la sua natura potenzialmente rivoluzionaria, sta tutta nella possibilità di realizzare un unico sistema in cui convivano servizi eterogenei con esigenze completamente diverse. In questa sfida le infrastrutture di rete giocano un ruolo chiave: non si tratta della semplice evoluzione dell'attuale rete 4G, poiché prevede anche l'introduzione di nuovi paradigmi architetturali che permetteranno l'introduzione e lo sviluppo di applicazioni e prodotti innovativi. Grazie al 5G sarà possibile gestire nuovi scenari di connettività caratterizzati da altissima affidabilità e bassissima latenza. Il 5G migliorerà non solo la velocità di connessione (che potrà superare i 10 Gbps) ma consentirà anche lo sviluppo di applicazioni che richiedono bassa latenza (il tempo di risposta scenderà a 1-10 ms) e alta affidabilità (i servizi "mission critical") o la connessione di milioni di oggetti e sensori a bassa energia per chilometro quadrato (i servizi "massive IoT"). In tal senso, il 5G aprirà nuovi scenari e porterà allo sviluppo di nuovi servizi e modelli di business nei mercati verticali.

5G Changes Everything

In effetti ciò che promette la *quinta generazione di tecnologia mobile*, il **5G**, a partire dal 2020, è una delle rivoluzioni tecnologiche più importanti del nostro tempo, che porterà ad una società completamente mobile e connessa, caratterizzata dall'enorme crescita della connettività e della densità/volume del traffico. Tra i requisiti principali per il 5G, per raggiungere questo obiettivo, vi sono la capacità di trasportare volumi di traffico molto maggiori con tempi di latenza molto più bassi rispetto all'attuale tecnologia e con altissima affidabilità e qualità del servizio. In più si richiede una maggiore gamma di mobilità, una densità di connettività molto più elevata, un costo e un consumo di energia molto bassi, reti ad alta efficienza energetica con copertura e disponibilità migliorate, in un ambiente altamente eterogeneo, con capacità, tra l'altro, di garantire sicurezza, identità e privacy. Giusto per dare un'idea dell'ordine di grandezza, basti pensare che il 5G sarà in grado di supportare una velocità di trasmissione dati media fino a 100 volte superiore rispetto alla generazione precedente; una latenza ridotta di cinque volte, il che comporterà un'interazione più fluida e minori tempi di attesa con applicazioni che richiedono un'elevata capacità.

Alcuni acronimi utilizzati nell'articolo

- NR: New Radio (interfaccia radio)
- LTE: Long Term Evolution
- WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access
- WRC: World Radiocommunication Conference
- OTT: Over-The-Top

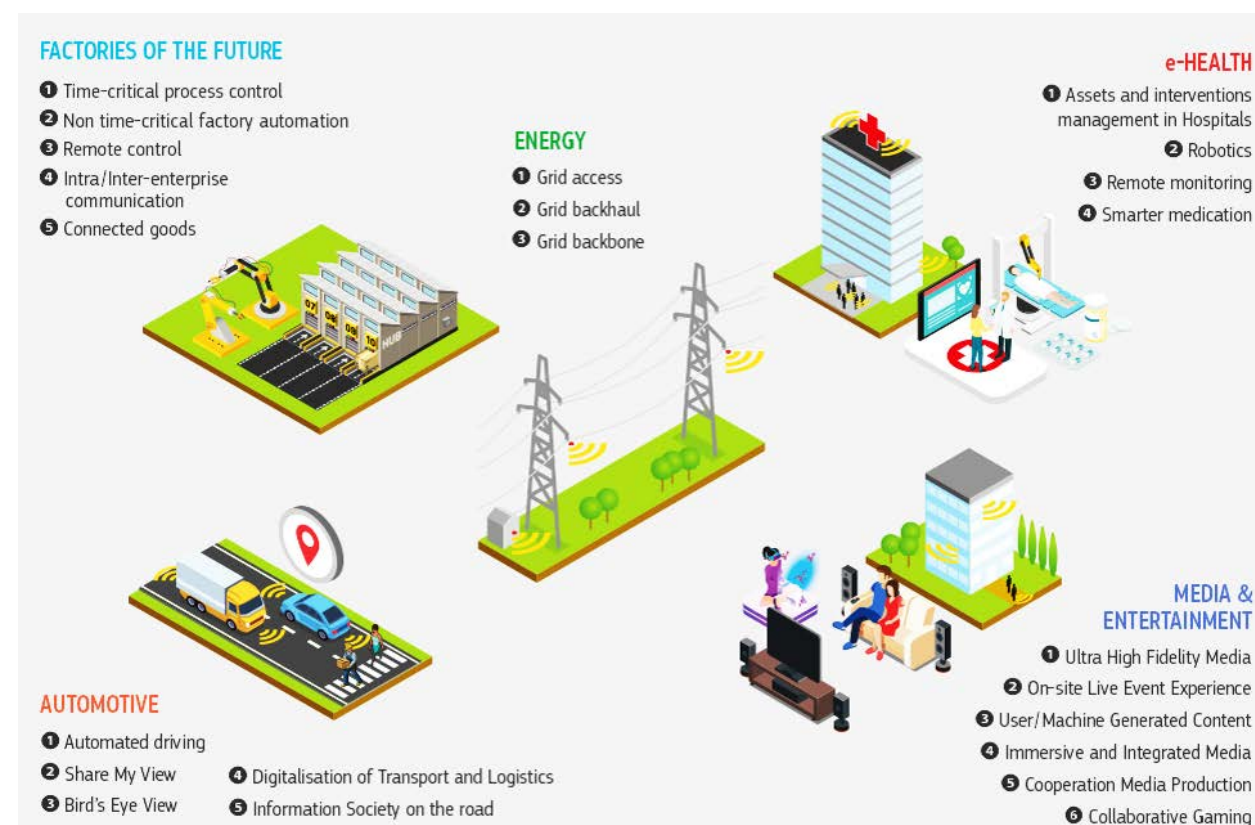
191_02a_408

Gli analisti prevedono che entro il 2020 saranno connessi alla rete Internet circa 50 miliardi di oggetti smart, sempre più utilizzati a casa, in ufficio, in azienda, per le strade, sulle auto, negli ospedali, nelle pubbliche amministrazioni, nelle industrie e in moltissimi altri luoghi e situazioni. Si tratta di oggetti intelligenti spesso dotati di sensori, utilizzati per operazioni di monitoraggio e controllo a distanza, capaci di inviare segnali d'allarme e di dialogare tra loro (magari prendendo decisioni in autonomia grazie alle soluzioni di intelligenza artificiale). L'obiettivo dell'intero ecosistema 5G è quello di realizzare una piattaforma multiservizio: dispositivi meno potenti, grazie alla latenza bassissima, potranno accedere a funzionalità avanzate che richiedono potenza di calcolo inarrivabile in mobilità, perché il processamento può avvenire in remoto sui server di un datacenter. Insomma, con il 5G si preannuncia una vera e propria rivoluzione del modo in cui si è abituati fino ad ora a concepire la tecnologia.

Riassumendo, il 5G non è solo un'evoluzione dell'attuale 4G, ma si presenta come un salto di paradigma che aprirà nuovi scenari e porterà allo sviluppo di nuovi servizi e modelli di business nei cosiddetti *mercati verticali*.

Settori applicativi cosiddetti *verticals*

Tra i diversi settori applicativi (*verticals* nel gergo 5G) direttamente coinvolti in questa sfida tecnologica troviamo l'*Industria 4.0*, l'*E-Health* (ossia l'ambito sanitario), la *Public Safety*, l'*Automotive*, le *Smart City* e *Media e Entertainment* (Fig. 1 e riquadro dedicato ai *5G Verticals*).

Fig. 1 – Scenari *5G verticals* (*immagine tratta da* [1])

5G Verticals

Industria 4.0

L'*Industry 4.0*, o *Quarta Rivoluzione Industriale*, prospetta la trasformazione dell'intera sfera produttiva attraverso la convergenza delle tecnologie digitali con l'industria tradizionale, consentendo la completa digitalizzazione dei processi aziendali e di produzione. In particolare, tale cambiamento coinvolgerà la progettazione, la produzione, la conduzione degli impianti e i processi di manutenzione degli stessi, permettendo la condivisione massiva e real-time di informazioni critiche, supportando elevatissimi volumi di comunicazioni con lo scopo di monitorare la produzione e tracciare gli asset e garantendo affidabilità altissime e latenze bassissime. Le innovazioni dell'*Industry 4.0* si concentreranno in particolare sullo smart manifacturing andando a realizzare la *fabbrica* wireless e completamente autonoma grazie alle bassissime latenze end to end della rete 5G. Anche le *Utilities* (acqua, luce, gas) beneficeranno del 5G per realizzare le cosiddette *smart grid* ossia implementando delle di Reti di produzione, distribuzione e consumo digitali e interconnesse con enormi vantaggi e risparmi nella gestione delle risorse preziose e dell'energia.

E-Health

Uno dei principali obiettivi dei servizi sviluppati in ambito *Sanità 5G* è quello di interconnettere in maniera pervasiva le strutture sanitarie, i medici, i pazienti e il personale sanitario, allo scopo di incrementare l'efficienza e l'efficacia del sistema sanitario, abilitando nuovi servizi e innalzando complessivamente il livello di assistenza erogato. In questo ambito tutte le innovazioni introdotte dal 5G saranno utili anche in servizi diversi fra di loro, dalla robotica chirurgica, dal teleconsulto in tempo reale con la condivisione di informazioni di dimensioni anche molto elevate, alla gestione e tracciamento degli asset medicali e smart planning degli interventi nelle strutture ospedaliere, fino alla *Smarter Medication* per l'applicazione di medicazioni e la somministrazione di farmaci tramite l'impiego di dispositivi interconnessi ed in grado di adattarsi alle condizioni fisiche e ambientali (ad esempio, sviluppo di *wereable device*, dispositivi indossabili, che permetteranno di realizzare sistemi di monitoraggio sanitario e di somministrazione di medicazioni da remoto anche in situazioni di elevata mobilità del paziente).

Public Safety

La maggiore velocità di comunicazione e la minor latenza garantite dalla tecnologia 5G permetteranno lo sviluppo e l'implementazione di soluzioni di sicurezza pubblica innovative e integrate. In ambito di *Public Safety*, i servizi di radiocomunicazione sono concepiti e sviluppati per fornire strumenti in grado di garantire comunicazioni sicure ed affidabili alle Forze dell'Ordine, ai Corpi Militari, ai gestori di Servizi di Emergenza, nonché alle organizzazioni di sicurezza privata. Con il 5G sarà possibile creare soluzioni di videosorveglianza in mobilità garantendo livelli di pubblica sicurezza più elevati rispetto al passato. In tal senso, le tecnologie 5G congiuntamente a quelle di Intelligenza Artificiale, trasformeranno in modo radicale i sistemi di videosorveglianza, permettendo la realizzazione di una videosorveglianza *real time* e *pervasiva*.

Continua alla pagina seguente...

...continua dalla pagina precedente.

5G Verticals

Automotive

Il mondo dell'*Automotive* sarà tra i principali soggetti coinvolti in questa rivoluzione tecnologica, puntando su mobilità sostenibile e non inquinante grazie a sistemi di propulsione ecologici, evoluzione del car sharing, veicoli a guida autonoma, *Smart Road* e *Smart Car* o *Connected Car*. Tutto questo grazie all'evoluzione delle tecnologie di Assisted Driving nel settore della guida autonoma, in grado di giocare un ruolo fondamentale nello scenario più ampio della mobilità sostenibile, per esempio nella Smart City. Nel contempo le reti IoT del 5G e il Cloud permetteranno la realizzazione di *Smart Road*, in grado di fornire tutte le informazioni utili ai veicoli per l'ottimizzazione dei percorsi, dei consumi e della sicurezza stradale.

Smart City

Le *Smart City* rappresentano il luogo dove le infrastrutture e i servizi tradizionali diventano più efficienti tramite l'impiego delle tecnologie di informazione e comunicazione digitale [a]. Nelle *Smart City* l'impiego pervasivo delle tecnologie digitali in ogni asset della città si traduce in un miglioramento dei servizi pubblici verso i cittadini, un utilizzo più efficiente delle risorse ed un minore impatto sull'ambiente con l'obiettivo di migliorare la qualità della vita urbana tramite lo sviluppo di soluzioni digitali integrate e sostenibili. Tutto ciò riguarderà il monitoraggio del territorio e dell'ambiente, la gestione del trasporto pubblico, l'illuminazione stradale, le reti e gli impianti delle utility, la gestione dei rifiuti, la gestione dei parcheggi e la digitalizzazione delle abitazioni e degli uffici.

Media ed Entertainment

Della portata rivoluzionaria del 5G, il settore dei *Media ed Entertainment* ne trarrà sicuramente i maggiori benefici. Grazie alla disponibilità delle reti 5G di elevate capacità di banda e basse latenze, sarà possibile la fruizione di contenuti multimediali basati su IP e WebTV, con la duplice funzionalità di supporto alla produzione Tv e di erogazione di servizi per l'utente finale. Si assisterà anche all'interconnessione alla rete 5G non solo di oggetti propri della produzione TV quali le telecamere e le camere di ripresa 360°, ma anche nuovi device che faciliteranno la produzione dei contenuti come, ad esempio, le videocamere wearable o montate su droni, e i device che saranno utilizzati dai fruitori dei servizi per vivere i contenuti in modalità sempre più immersive quali visori e device per la realtà aumentata.

La fruizione di servizi video ad altissima definizione e realtà immersiva in ambienti urbani ad elevata densità richiede da parte degli operatori di rete considerevoli sforzi di investimenti in un'architettura di rete che sia wireless, a bassa latenza ed con elevata capacità di trasmissione. In tal senso, il progetto europeo H2020 **5G City** (di cui Rai è partner) mira ad affrontare tali problemi progettando, sviluppando e distribuendo una piattaforma cloud neutrale e modulare dal punto di vista degli aspetti dell'infrastruttura radio. Maggiori dettagli sui casi d'uso di tale progetto, alla stesura dei quali anche Rai ha contribuito, sono presenti in [b].

[a] Commissione Europea, *Smart cities*, https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en (ultimo accesso 21/11/2019)

[b] *Progetti al CRITS: 5G City*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", questo stesso numero, pp. 54-58

La tecnologia 5G: evoluzione o rivoluzione?

Ambiti di applicazione del 5G

Quando si parla di 5G, si fa riferimento spesso al cosiddetto *triangolo degli scenari applicativi* (Fig. 2), che coprono l'intera classificazione *ITU (International Telecommunication Union)* [2]. In tale rappresentazione, i vertici rappresentano i principali scenari, ovvero:

- **MMTC** *(Massive Machine Type Communications)*, comunicazioni fra macchine di tipo massivo (ovvero con altissime concentrazioni di nodi), cioè con un gran numero di oggetti, sensori, attuatori da collegare, anche presenti in un'area ristretta. Il numero di oggetti connessi supererà di ordini di grandezza il numero di esseri umani, e il 5G continua l'evoluzione del 4G offrendo una tecnologia che permette non solo di gestirne la quantità ma anche di collegare oggetti che devono avere bassissimo consumo, riducendo i costi operativi, ad esempio, con sistemi che permettono alle batterie di durare anni senza sostituzione;
- **URLLC** *(Ultra Reliable Low Latency Communications)*, comunicazioni ad altissima affidabilità e bassissimo tempo di latenza, ad esempio impiegate nel caso dei veicoli a guida autonoma;
- **eMBB** *(Enhanced Mobile Broadband)*, comunicazioni mobili ad altissima velocità di trasmissione. In questa categoria ricadono sicuramente l'evoluzione nella distribuzione del video dalle reti classiche di broadcasting alle reti basate su IP e la tendenza ad offrire formati e qualità sempre maggiori (il 4K o UHD, in futuro prossimo l'8K a risoluzione 16 volte superiore all'attuale HD, i formati video HDR a grande dinamica di colore e luminosità dell'immagine).

La sfida del 5G e la sua natura potenzialmente rivoluzionaria, sta tutta nella possibilità di realizzare un unico sistema in cui convivano servizi eterogenei con esigenze completamente diverse. Facendo, per esempio, riferimento ai vertici del triangolo di Fig. 2, si hanno servizi caratterizzati da requisiti difficilmente conciliabili nel loro insieme se si opera secondo la logica delle reti mobili tradizionali. L'idea è poi quella di riempire l'intero triangolo con sempre nuovi servizi, adattando il sistema alle esigenze delle industrie verticali (sanità, manifatturiero, automobilistico, agricoltura, sicurezza, etc.), realizzando così la visione olistica descritta sopra. Per ottenere tutto ciò, occorrerà una notevole innovazione tecnologica nel settore delle reti di telecomunicazioni mobili orientata a fare del 5G un motore abilitante di nuove industrie, fatto che in ultima istanza costituisce la vera rivoluzione auspicata dal 5G.

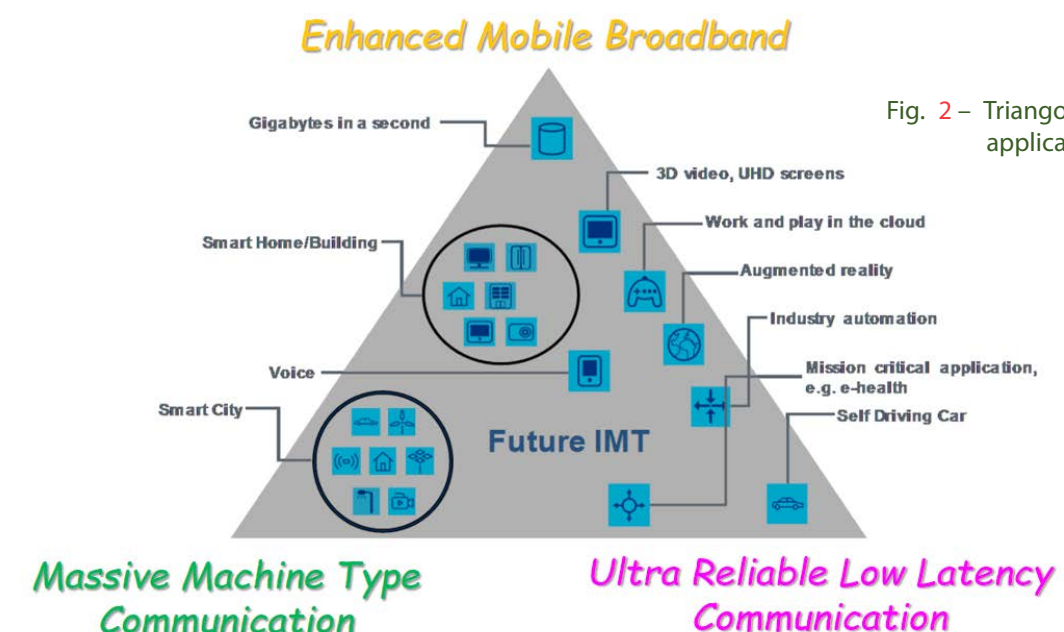



Fig. 2 – Triangolo degli scenari applicativi (*ITU*)

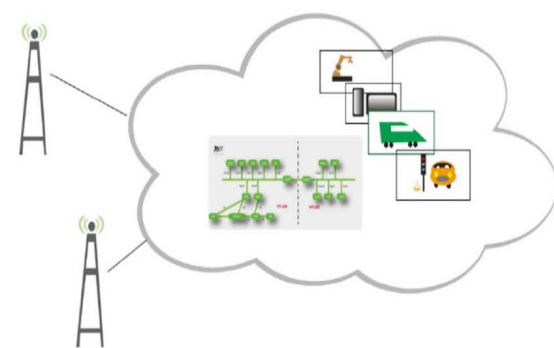
La tecnologia 5G: evoluzione o rivoluzione?

"La trasformazione" 5G

Vediamo ora perché si parla di *trasformazione 5G*. Abbiamo già in un certo senso accennato in precedenza a quali siano gli enormi vantaggi rispetto alle reti attuali. Si parla di trasformazione perché si passa da una rete *che fa tutto*, statica e che non interagisce, ad un'architettura di rete molto più articolata e flessibile che permetterà l'interconnessione in rete degli oggetti (dispositivi, ossia telecamere, sensori, dispositivi di sicurezza, frigoriferi, lavatrici, speakers, luci, cancelli e tanto altro) che vanno a formare quel che si chiama *IoT (Internet of Things)*.

I protagonisti non sono più i soli operatori telefonici, ma sono coinvolti tutti i settori (automotive, per fare un esempio), quindi con interazione e integrazione di servizi tra stakeholder multipli; i protagonisti non sono più solo i telefoni ma le *cose*.

L'infrastruttura di rete acquisterà così una nuova *plasticità*: da un'architettura relativamente statica e chiusa (Fig. 3 sinistra) si passerà ad un'architettura con due livelli di definizione, quello hardware e quello software (Fig. 3 destra). La *plasticità* di rete offerta da tecnologie come *SDN (Software Defined Networking)* e *NFV (Network Function Virtualization)* dovrebbe permettere di sviluppare delle architetture virtuali con multicasting on-demand orientate a migliorare le prestazioni percepite dall'Utente, garantendo al tempo stesso l'ottimizzazione delle risorse di rete utilizzate.

Fig. 3 – Infrastruttura 4G (a sinistra) e 5G (a destra) (immagini tratte da [3])

Slicing e Virtualizzazione della Rete

Uno degli aspetti cruciali delle reti mobili 5G è la capacità di permettere connessioni a larga banda (oltre i *10 Gbps*) e con bassa latenza (*1-10 ms*) in presenza di un gran numero di oggetti connessi alla rete. Tuttavia non è detto che il profilo più diffuso di utilizzo del 5G sia sempre così spinto al massimo. Ad esempio, ci saranno casi in cui serviranno banda e latenza e altri in cui la latenza conta molto di più (come nel caso dei veicoli autonomi) e altri, ancora, in cui serve pochissima banda e la latenza non è un problema (molti scenari *IoT*).

Per la gestione di tutti questi possibili scenari di utilizzo, il 5G introduce il concetto di *network slicing*. Tradizionalmente le reti mobili sono piuttosto monolitiche, separate solamente in una rete di trasporto cablata e wireless (la cosidetta *core network*) che veicola il traffico da e verso la parte wireless di accesso (la *RAN*, *Radio Access Network*). Il *network slicing* non è altro, in estrema sintesi, che l'applicazione dei concetti del *Software Defined Networking* in entrambe queste due macro-componenti (Fig. 4 alla pagina seguente).

La necessità del *network slicing* nasce dal fatto che ogni particolare tipo di applicazione dovrebbe vedere una rete configurata nella maniera ottimale per gestire il proprio traffico. Con il *network slicing* questo è effettivamente possibile, anche se la rete che l'applicazione vede è una *slice*, una fetta, *virtuale* della rete fisica e non quest'ultima nella sua totalità.

In realtà le *fette* sono due, perché il *network slicing* prevede, per maggiore elasticità, una virtualizzazione distinta per la parte di *accesso* e una per la parte di *core*.

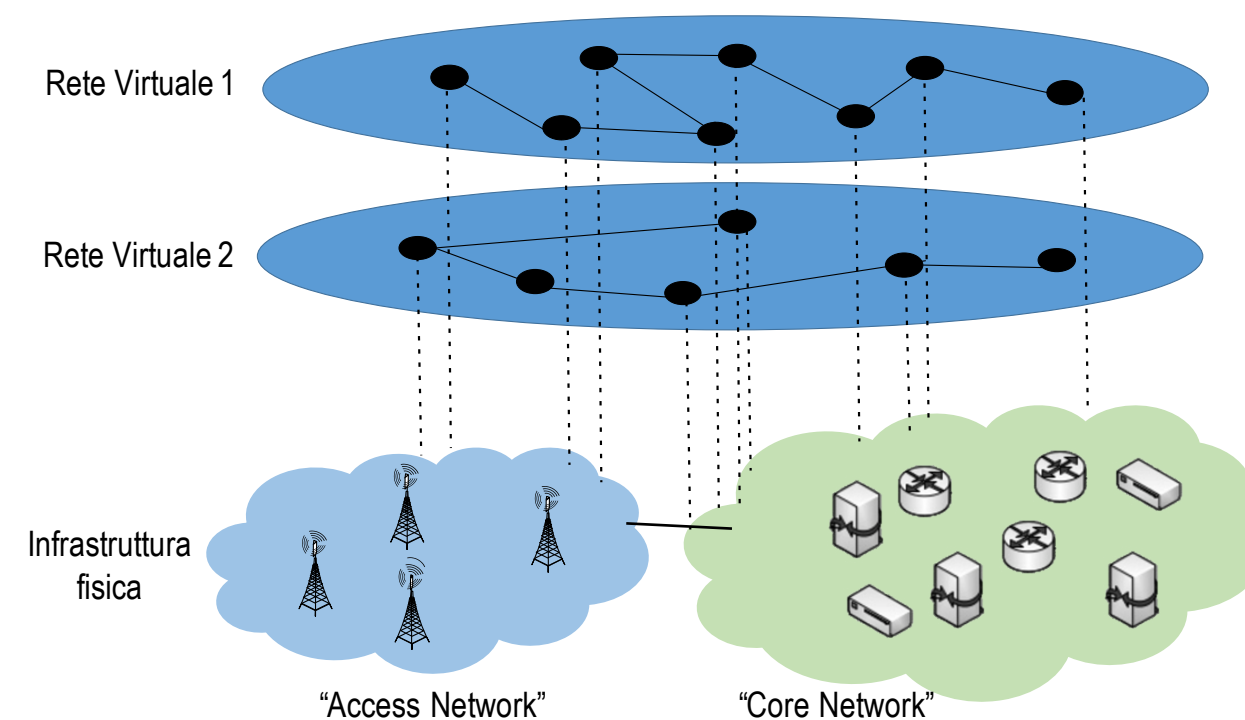
Il *network slicing* nella parte di trasporto è più semplice da immaginare perché i principi di base sono gli stessi del *Software Defined Networking* applicato alle reti d'impresa. L'elemento chiave è la virtualizzazione delle funzioni di rete (*Network Function Virtualization*), che vengono eseguite in cloud mettendo in atto anche elementi evoluti di automazione e orchestrazione.

Il *network slicing* della parte wireless di accesso è meno intuitivo perché qui non è applicabile una separazione completa del *control plane* e dello *user plane*, come vorrebbero i principi del *Software Defined Networking* . Lo *slicing* viene attuato, invece, associando a ogni singola *fetta* alcune specifiche regole di gestione del traffico nella parte radio.

Il vantaggio del *network slicing* non è solo nel far vedere a un'applicazione la sua rete ideale. Le varie *fette* della rete fisica sono anche isolate fra loro e questo, ad esempio, garantisce sia una maggiore sicurezza delle comunicazioni sia la possibilità di modificare il funzionamento di una *slice* senza impattare su quello delle altre. Questo significa, ad esempio, che un operatore può modificare drasticamente un servizio che offre ai suoi clienti agendo solo su quello in modo puntuale.

Inoltre, gestire lo *slicing* in maniera distinta per la *core network* e per la *RAN* permette di avere profili di servizio particolarmente elastici. Ad esempio alcuni servizi possono condividere una *fetta* nella parte di accesso ma poi essere implementati su *slice* diverse nella parte di trasporto.

La parte di gestione centralizzata (in cloud) della rete si occupa di associare opportunamente fra loro le *slice* delle due sezioni della rete stessa.

Fig. 4 – Concetti di *slicing* e di *virtualizzazione della rete*

Road map sul 5G della Commissione Europea

Per centrare l'obiettivo della *Commissione Europea* [4], che ha fissato al 2020 il lancio delle prime reti commerciali e al 2025 il pieno sviluppo a regime delle nuove reti, sarà necessario lo sforzo di tutti gli stati membri.

Le frequenze utilizzabili per il 5G, ancora in fase di sperimentazione, sono potenzialmente molte e per garantire la possibilità di viaggiare oltre frontiera è necessario un alto grado di armonizzazione non solo all'interno dell'UE ma globalmente. Si prevede un uso combinato di alte e basse frequenze per il 5G, ma le frequenze più alte hanno caratteristiche problematiche riguardo alla possibilità di penetrare muri ed edifici, e quindi all'uso di *femtocelle* in combinazione con l'uso di WiFi capace di diffondere meglio il segnale in ambienti indoor. Si tratta di un problema fondamentale che impatta anche la standardizzazione mondiale della tecnologia futura.

Disponibilità delle frequenze sui 700MHz: una recente decisione UE prevede il 2022 come termine ultimo per la liberazione di queste frequenze per il 5G, ma è chiaro che anche qui ogni Paese ha interesse a giocare d'anticipo se intende non rimanere indietro in termini di competitività e permettere lo sviluppo pervasivo di reti e servizi 5G. Gli operatori mobili attuali devono essere spinti dalla concorrenza ad investire, altrimenti avranno interesse a sfruttare il più possibile gli investimenti già effettuati nel 4G.

La roadmap riportata in Fig. 5 mostra le varie fasi (definizione delle bande di frequenza, sperimentazioni, lancio dei primi servizi 5G) che porteranno, a fine del 2020, alla messa a punto dei servizi commerciali basati sul 5G, per poi arrivare ad una copertura capillare della rete per la fine del 2024.

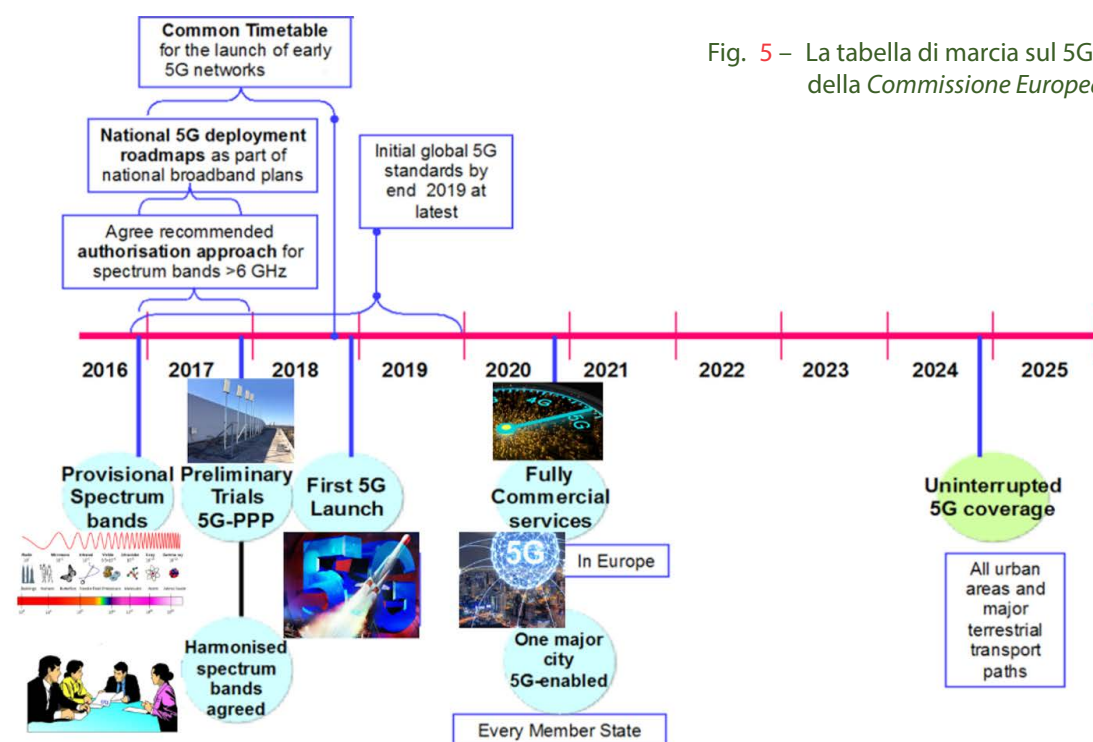
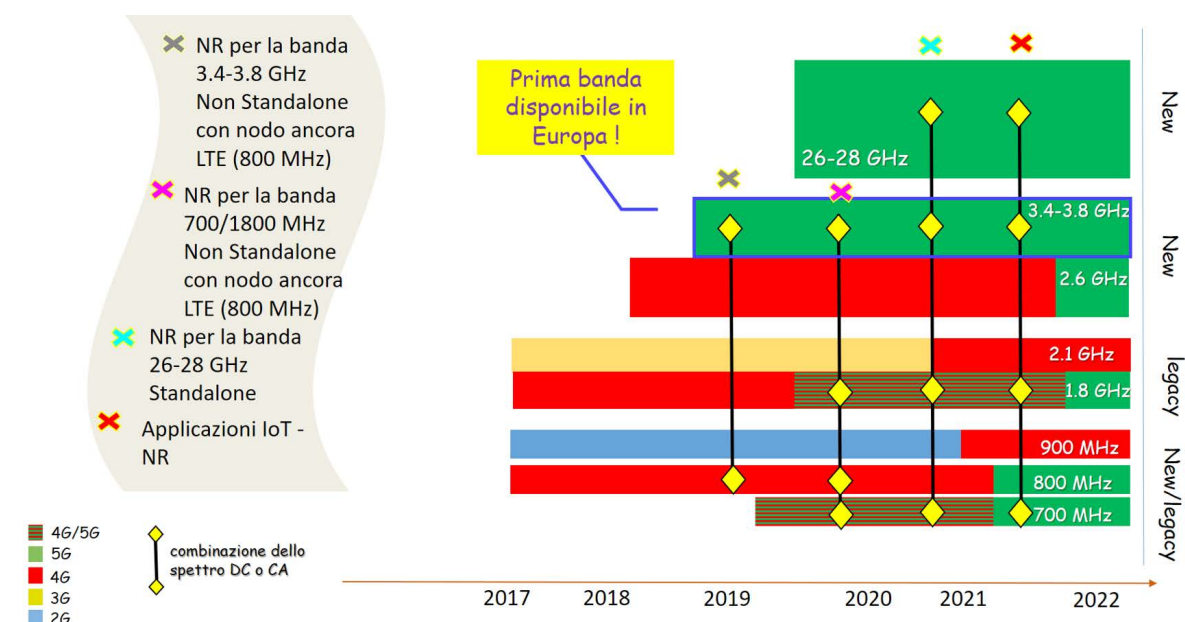



Fig. 5 – La tabella di marcia sul 5G della *Commissione Europea*

Per quanto riguarda il discorso delle frequenze, la prima banda ad essere stata rilasciata è quella 3.4-3.8 GHz (come *NR* per tale banda, mentre opera con nodo ancora *LTE* nella banda 800 MHz).

Per il 2020 invece avremo la *NR* per la banda 700/1800 MHz e continuerà ad essere ancorata all'*LTE* per la banda 800 MHz. Bisognerà aspettare la fine del 2021 per avere tutte le applicazioni IoT in *NR* (Fig. 6).

Fig. 6 – Assegnazione delle frequenze 5G in Europa

Frequenze in Italia

In Italia la situazione è particolarmente complessa in quanto liberare le frequenze interessate comporterebbe una diminuzione dei multiplex, passando dai 19 attuali con copertura nazionale ad appena 14, nella migliore delle ipotesi.

Fortunatamente però, nella tabella di marcia stilata dall'Unione Europea sui principi per liberare i 700 MHz, si è giunti a un accordo per concedere tempo agli Stati fino al 2022, con l'introduzione del 5G che partirà comunque dal 2020.

La complessità della situazione italiana, da un punto di vista pratico, è data soprattutto dal particolare quadro di assegnazione delle frequenze alle tv e dalla grande abbondanza di reti locali. Un problema che, nei prossimi anni, andrà necessariamente districato.

La banda 700 MHz non sarà però l'unica a dover essere parzialmente liberata. Si parla infatti della banda 3,4-3,8 GHz, occupata dalla Difesa, dai ponti radio, dai collegamenti satellitari e (fino al 2022) dal WiMAX.

In ogni caso, l'asta per assegnare i blocchi di frequenze 5G in Italia si è tenuta tra il 13 settembre e il 2 ottobre 2018 e ha coinvolto gli operatori *TIM*, *Vodafone*, *Wind*, *Tre*, *Fastweb*, *Iliad*, *Open Fiber* e *Linkem*, con gli ultimi due che, però, non si sono aggiudicati blocchi. Tale asta, indetta dal *Ministero dello Sviluppo Economico* (*MiSE*), si è conclusa con un enorme successo per le casse dello Stato, con i vari operatori che hanno fatto a gara per accaparrarsi i diritti di utilizzo delle varie bande di frequenza (Fig. 7 alla pagina seguente).

Asta di assegnazione delle frequenze (Ottobre 2018):

- 5 lotti per la banda 700 MHz FDD
- 4 lotti per la banda 3.7 GHz
- 5 lotti per la banda 26 GHz

	Banda 700 MHz FDD	Banda 3.7 GHz	Banda 26 GHz
Iliad	blocco riservato 10 MHz	blocco generico 20 MHz	blocco generico
TIM	2 blocchi generici 5 MHz	blocco generico 80 MHz	blocco generico
Vodafone	2 blocchi generici 5 MHz	blocco specifico 80 MHz	blocco generico
Wind Tre	X	blocco generico 20 MHz	blocco generico
Fastweb	X	X	blocco generico

Fig. 7 – Le frequenze 5G in Italia

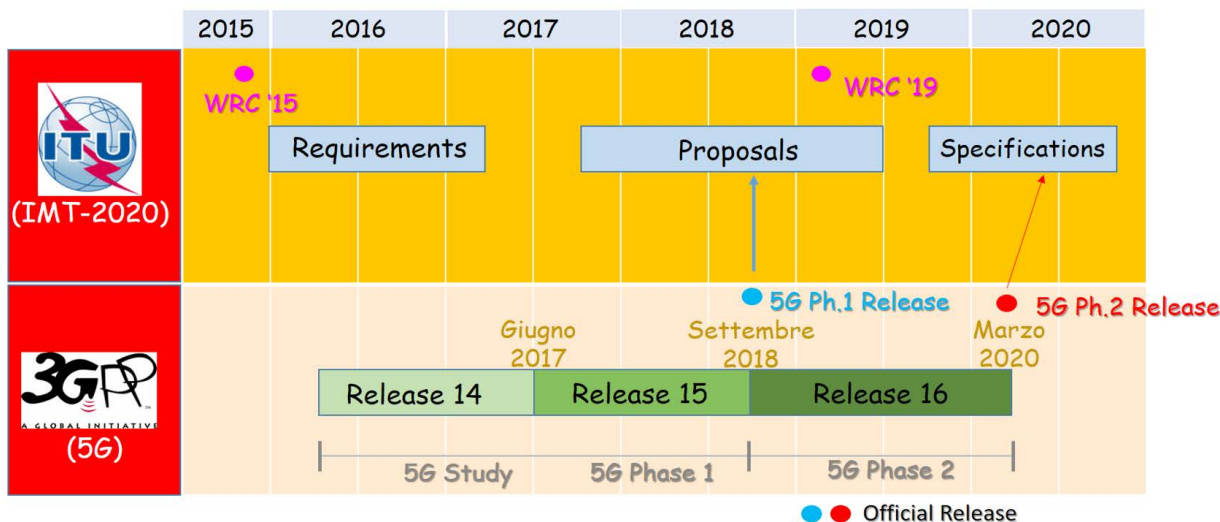
Il ruolo degli standard

L'*ITU*, nell'ambito del suoi compiti istituzionali di definizione degli standard per le telecomunicazioni e per l'uso delle onde radio, stabilisce i requisiti, acquisisce le proposte e, infine, definisce le specifiche relative ad ogni tecnologia. In Fig. 8 è riportata la road map per il 5G seguita dall'ITU a seguito delle decisioni concordate durante la *Conferenza Mondiale delle Comunicazioni 2015* (*WRC '15*).

In parallelo opera l'ente di standardizzazione *3GPP* (*3rd Generation Partnership Project*) [5], che recepisce le direttive definite dall'*ITU*.

Il *3GPP*, nato alla fine degli anni '90, conta attualmente sette Enti di Standardizzazione. Tutti i membri dei diversi Enti regionali hanno automaticamente diritto a partecipare ai lavori del *3GPP*. La rappresentanza dell'ecosistema mobile è pressoché completa, spaziando dai costruttori di apparati di rete e terminali, chipset e SIM card vendor, agli operatori di rete e recentemente anche ad esponenti del *mondo OTT* e agenzie governative. il *3GPP* fornisce la specifica completa di un sistema di telecomunicazioni end-to-end, spesso riusando tecnologie a loro volta standardizzate da altri Enti.

Fig. 8 – Timeline della standardizzazione 5G in *ITU* e *3GPP*

La tecnologia 5G: evoluzione o rivoluzione?

All'interno dei gruppi di lavoro (enti) del 3GPP, le attività sono strutturate in progetti denominati *SID* (*Study Item*), ovvero studi di fattibilità per valutare vantaggi/svantaggi di una nuova funzionalità, ed in *WID* (*Work Item*), ovvero lavori di tipo normativo che prevedono la produzione di specifiche tecniche.

I singoli progetti (*SID/WID*) e i corrispondenti deliverable sono a loro volta cadenzati in raccolte denominate *Release*, ovvero insiemi di funzionalità che abilitano nuovi servizi, nuove prestazioni o semplicemente ottimizzano quelle esistenti. Il sistema descritto da ogni nuova *Release* viene reso il più possibile compatibile con i sistemi precedenti e futuri proprio per poter garantire ai terminali continuità di funzionamento.

Per coordinare l'intero processo ed assicurare che tutti i *Working Group* (*WG*) cooperino efficientemente al rilascio di una determinata *Release*, l'attività di specifica viene suddivisa in tre fasi, brevemente descritte così:

- **Fase 1**, è la fase in cui si definiscono i requisiti di servizio (ovvero il *cosa* si intenderà specificare).
- **Fase 2**, è la fase in cui si descrivono le architetture e si disegnano nuove funzioni e flussi informativi a supporto dei requisiti sopra espressi (ovvero *come* si realizzerà un determinato servizio).
- **Fase 3**, è la fase in cui si dettagliano i protocolli a supporto degli scambi informativi previsti dalla *Fase 2*.

Come riportato nella Fig. 8 della pagina precedente, le attività ufficiali relative al 5G hanno avuto inizio con la *Release 15*.

Bibliografia

[1] Progetto 5GROWTH, *Europe advancing in 5G – new wave of projects launched to accelerate 5G take-up in vertical industries*, http://5growth.eu/2019/04/26/europe-advancing-in-5g/ (ultimo accesso 21/11/2019)

[2] ITU, *International Telecommunication Union*, http://www.itu.int (ultimo accesso 21/11/2019)

[3] E. Guttman, *5G. What is it good for?*, DVB World 2019, Dublino, 11-13 marzo 2019

[4] Commisione Europea, https://ec.europa.eu/ (ultimo accesso 21/11/2019)

[5] 3GPP, *3rd Generation Partnership Project*, https://www.3gpp.org/ (ultimo accesso 21/11/2019)

Il ruolo dei broadcaster nell'era 5G:

iniziative internazionali

Gino **Alberico**, Assunta **De Vita**, Vittoria **Mignone**
Rai - Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione

Negli ultimi anni il **settore del broadcasting** sta subendo profondi cambiamenti che costringono a rispondere rapidamente alle sfide delle nuove tecnologie per sostenere le posizioni di mercato.

Tradizionalmente, i broadcaster offrono *servizi di TV lineare* e *programmi radio*. Ciò significa che gli utenti possono sintonizzarsi, cambiare il programma e scegliere altro se non interessati a ciò che viene loro offerto. Tutto questo è in parte cambiato con l'avvento di *Internet*. I broadcaster hanno cominciato a sfruttare le nuove funzionalità offerte dalla rete, rendendo inizialmente disponibili i loro contenuti attraverso *siti Web* e, successivamente, tramite *app dedicate* per dispositivi portatili e mobili. Queste nuove possibilità tecniche sono alla base del crescente utilizzo dei *servizi on demand*.

Ad oggi il consumo di servizi di tipo *lineare* è ancora forte e probabilmente lo sarà ancora per molto, ma, allo stesso tempo, il consumo di questo tipo di servizi da parte delle nuove generazioni è relativamente basso. Questo va di pari passo con una dipendenza sempre crescente da dispositivi personali come *smartphone* e *tablet PC*.

L'introduzione del **5G** creerà un mercato globale con milioni di *smartphone* e *tablet PC* che potrebbero diventare potenziali ricevitori TV in grado di combinare in modo attraente servizi TV in diretta, on demand, social network e molti altri servizi multimediali.

Già a partire dalle prime definizioni delle specifiche per la Release 14 del 3GPP, *il mondo dei broadcaster ha cominciato ad interfacciarsi con il 3GPP al fine di massimizzare la propria influenza all'interno di tale organismo di standardizzazione, supportando le attività relative ai casi d'uso per la distribuzione di contenuti e servizi TV audiovisivi.*

*Diverse sono le iniziative a livello internazionale che mirano a promuovere lo sviluppo e l'adozione delle tecnologie 5G in ambito media, in particolare portate avanti dall'*EBU (European Broadcasting Union) *e dal* DVB (Digital Broadcasting Video).

Parallelamente, sono state avviate numerose sperimentazioni sul campo, sia in Europa, ad esempio in Austria, nel Regno Unito in Germania e in Italia, sia nel resto del mondo (Cina, Brasile, ecc..), allo scopo di verificare le diverse funzionalità offerte da questa nuova tecnologia.

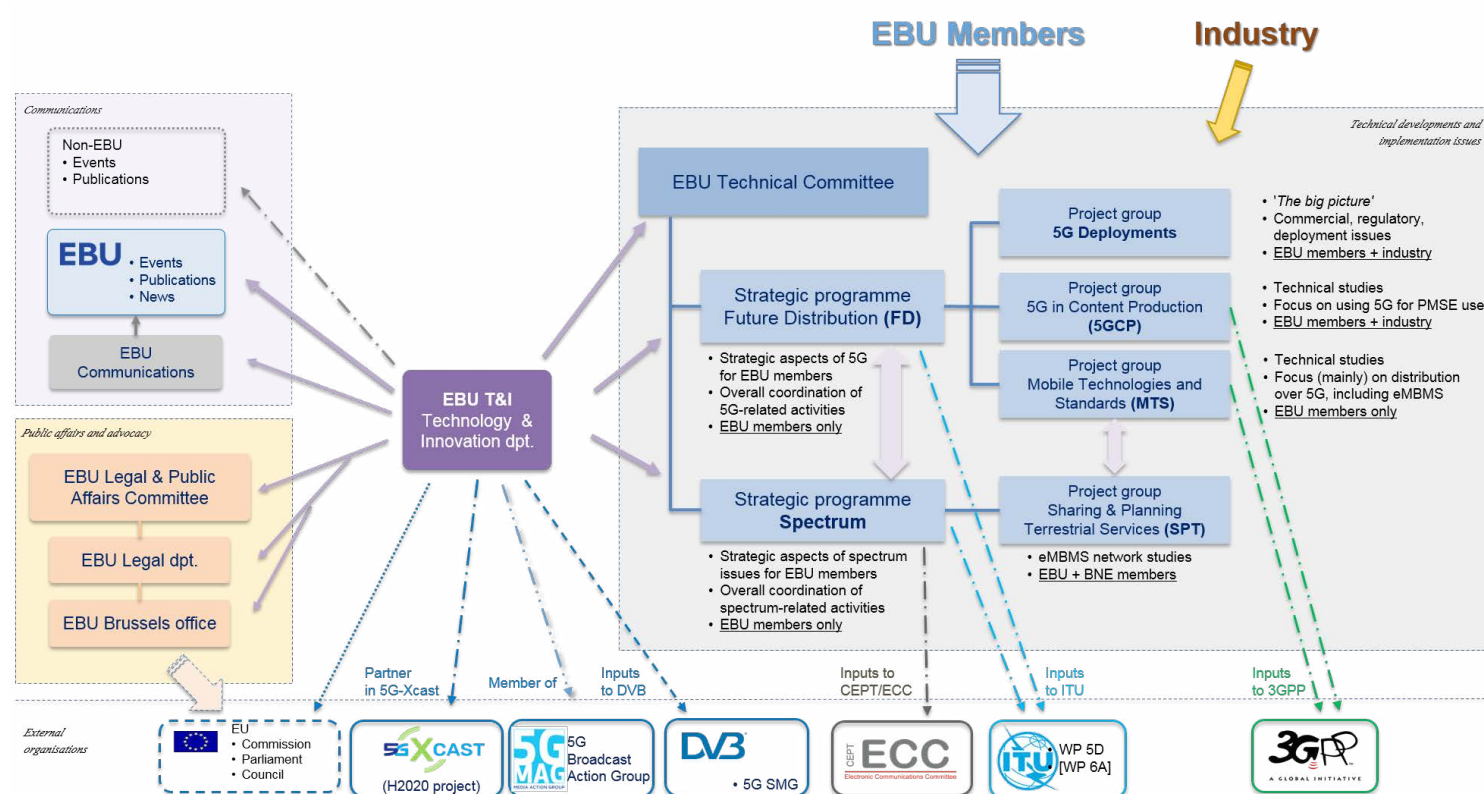
191_03_2.05

Il ruolo dei broadcaster nell'era 5G: iniziative internazionali

Iniziative internazionali

Diverse sono le iniziative a livello internazionale che mirano a promuovere lo sviluppo e l'adozione delle *tecnologie 5G in ambito media*.

In Fig. 1 sono riportate le diverse azioni intraprese dall'*EBU* (*Unione Europea dei Broadcaster*) in ambito 5G con l'obiettivo di identificare e definire *use case* sia nell'ambito della produzione che in quello della distribuzione di contenuti e servizi di media audiovisivi, mentre nei riquadri alle pagine seguenti vengono brevemente descritte alcune delle iniziative internazionali attualmente in corso.

Fig. 1 – Attività dell'*EBU* in ambito 5G

EBU
OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

L'**EBU** (*European Broadcasting Union*) [a], già a partire dalle prime definizioni delle specifiche per la *Release 14* [b], ha cominciato a seguire attivamente gli sviluppi dello standard, tramite il gruppo *FD* (*Future Distribution*) che si occupa di definire nuove strategie per la distribuzione di contenuti e servizi TV audiovisivi (Fig. 1).

MTS (Mobile Technologies and Standards)

L'**MTS** (*Mobile Technologies and Standards*), nato nel 2016, è un gruppo di lavoro dell'EBU appartenente al gruppo padre *Future Distribution* e ha come obiettivo quello di seguire gli sviluppi tecnici all'interno delle organizzazioni che si occupano di sviluppare gli standards (in particolare il **3GPP**) per il 5G, in modo da massimizzare l'influenza dei broadcaster all'interno di queste organizzazioni. Il compito principale è quello di coordinare e supportare in maniera appropriata il lavoro svolto all'interno di tali organismi di standardizzazione, coordinando e supportando i membri nello sviluppo di future strategie di distribuzione basate su una maggiore comprensione degli standard futuri disponibili e assicurandosi che i requisiti proposti siano soddisfatti. Già a partire dalla pubblicazione della *Release 14 del 3GPP* a giugno 2017, il gruppo **MTS** ha cominciato a lavorare per identificare eventuali lacune o limitazioni nelle nuove specifiche rispetto ai requisiti inizialmente presentati in **3GPP**. Questa attività di gap-analysis è stata condotta bilateralmente tra membri di **MTS** e i rappresentanti di *Qualcomm*. Ad oggi tale gruppo continua a fornire contributi e proposte ai gruppi del 3GPP che si occupano di:

- **RAN** (*Radio Access Network*): prestazioni radio, livello fisico; specifica delle interfacce di accesso della rete, definizione dei requisiti O&M e test di conformità per apparecchiature utente e stazioni base e altro ancora;
- **SA** (*Service Aspects*): architetture e servizi;
- **TSG CT** (*Core Network and Terminals*): specifica delle interfacce (logiche e fisiche) dei terminali e, più i dettaglio: apparecchiature utente, protocolli radio di livello 3 della rete principale (controllo delle chiamate, gestione della sessione, gestione della mobilità), segnalazione tra i nodi della rete principale, interconnessione con reti esterne, requisiti O&M, GPRS tra entità di rete, funzionamento senza transcoder, ecc.

Il gruppo **MTS** contribuisce ai lavori da sottomettere ai vari meeting del 3GPP e partecipa ai gruppi di lavoro all'interno del 3GPP. Anche *Rai*, all'interno di questo gruppo, continua a partecipare attivamente a tali meeting come membro EBU.

5GDEP (5G Deployments)

Costituito nel 2018, il gruppo di lavoro ***5G Deployments*** si occupa principalmente di affrontare questioni tecniche e non tecniche relative ai *business arrangements*, ai *modelli di implementazione* e alle *condizioni normative* relative al 5G.

Gli obiettivi principali del gruppo sono:

- indagare sui modelli di implementazione del 5G previsti, compresi modelli diversi da quelli tradizionalmente adottati dagli operatori di reti di telecomunicazioni;
- comprendere il *network slicing* e il suo possibile ruolo nel consentire nuovi accordi commerciali nella produzione e distribuzione di contenuti;
- esplorare il potenziale delle *reti private* e la loro relazione con il *network slicing* nella produzione e distribuzione di contenuti;
- delineare possibili scenari futuri per le reti di distribuzione esistenti e le loro possibili relazioni con il 5G;
- collaborare con gli stakeholder esterni, in particolare con l'industria.

Continua alla pagina seguente...

Il ruolo dei broadcaster nell'era 5G: iniziative internazionali

...continua dalla pagina precedente.

5GCP (5G in Content Production)

Il **5GCP** (*5G in Content Production Group*) è un gruppo di lavoro dell'EBU, appartenente al gruppo padre *Future Distribution* e ha come obiettivi

- lo studio degli sviluppi tecnici nell'ambito delle organizzazioni che si occupano di standardizzazione (*SDO, Standards Developing Organizations*) 4G/5G per quanto riguarda la produzione di contenuti audiovisivi;
- la massimizzazione dell'influenza dei broadcaster all'interno di queste organizzazioni.

Compito del gruppo è quello di formalizzare i requisiti dei membri e presentarli agli *SDO*, monitorando e coordinando le appropriate azioni di supporto atte a garantire che tali requisiti vengano effettivamente soddisfatti.

Il gruppo ha tra i propri obiettivi quello di consentire al gruppo padre *Future Distribution* di assistere i membri dell'EBU nello sviluppo di strategie di produzione di contenuti che siano basate su una maggiore comprensione degli standard futuri disponibili, sia fornendo valutazioni sui dettagli tecnici delle proposte portate avanti dagli *SDO*, sia individuando quali siano le implicazioni per la produzione di contenuti che da esse derivano.

[a] EBU, *European Broadcasting Union*, www.ebu.ch (ultimo accesso 02/12/2019)

[b] 3GPP TR 38.913 v14.3.0 (2017-06), *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on scenarios and requirements for next generation access technologies (Release 14)*, sottocapitolo 9.1, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2996

Il **DVB** (*Digital Video Broadcasting*) [a] è un consorzio, comprendente più di 200 membri, guidato dalle principali organizzazioni mondiali che si occupano di TV digitale e di tecnologia, tra le quali produttori, sviluppatori di software, operatori di rete, emittenti radiotelevisive ed enti regolatori.

Il **DVB** si occupa della definizione di standard tecnici per la fornitura di TV digitale e di altri servizi di trasmissione.

5G-SMG (5G Study Mission Group)

Una recente iniziativa, nata in seno allo *Steering Board* del **DVB** da una proposta di *Eutelsat* e *Nagra*, ha conferito al *Modulo Commerciale* (**CM**) del **DVB** l'incarico di analizzare possibili collaborazioni con il **3GPP** nell'ambito dei media, proponendo scenari applicativi per il 5G nel mondo broadcast.

In questo ambito è stato formato il nuovo gruppo **5G-SMG** (*5G Study Mission Group*), che, in particolare, ha come obiettivo l'analisi di una possibile evoluzione dell'attuale meccanismo di trasporto adottato nel **DVB**, basato su *Transport Stream*, verso l'impiego di tecnologie IP.

[a] DVB, *Digital Video Broadcasting*, www.dvb.org (ultimo accesso 02/12/2019)

Ad ottobre 2019, l'*EBU* ha promosso una nuova iniziativa con lo scopo di creare un quadro operativo per l'implementazione di soluzioni 5G in grado di soddisfare i requisiti di produzione e distribuzione di contenuti e servizi di media audiovisivi.

5G-MAG (5G Media Action Group)

5G-MAG (*5G Media Action Group*) [a] è un'organizzazione intersettoriale che riunisce i settori industriali della filiera dei media, inclusi fornitori di contenuti e servizi, operatori di rete, fornitori di soluzioni tecnologiche e componenti, produttori di apparecchiature, organizzazioni di ricerca e sviluppo, autorità di regolamentazione e politiche. L'obiettivo è l'identificazione di modelli di business per scenari convergenti broadcast/multicast/unicast in ambito 5G, che permettano di individuare eventuali sinergie tra le esigenze della produzione e distribuzione dei media, telecomunicazioni, trasporti, sicurezza pubblica e altri settori dell'industria verticale. **5G-MAG** si pone anche l'obiettivo di sviluppare un quadro di implementazione per una possibile infrastruttura collaborativa del 5G, con l'obiettivo di introdurre servizi in base alle rispettive esigenze dei diversi settori verticali.

[a] 5G-MAG, *5G Media Action Group*, https://www.5g-mag.com (ultimo accesso 02/12/2019)

Tra i vari obiettivi, si pone di:

- individuare e affrontare le barriere commerciali, tecniche e normative per l'immissione sul mercato di apparecchiature convergenti 5G/multicast/unicast abilitate, in particolare per smartphone e automobili;
- identificare i mezzi commerciali e normativi attraverso i quali il lancio della rete può essere accelerato per raggiungere una copertura quasi universale del territorio e della popolazione;
- identificare i casi d'uso rilevanti nel settore dei media globali in cui il 5G può essere utile;
- definire le caratteristiche tecniche dei chipset e dei dispositivi utente per abilitare questi casi d'uso;
- stimare il volume di chipset e dispositivi utente richiesti dal mercato globale;
- collaborare con le autorità di regolamentazione e i responsabili politici per garantire la necessaria regolamentazione;
- cooperare con organizzazioni di standardizzazione tecnica;
- consentire un mercato aperto e competitivo e incoraggiare nuove funzionalità e servizi;
- promuovere i vantaggi della trasmissione nel contesto del 5G.

Il ruolo dei broadcaster nell'era 5G: iniziative internazionali

Sperimentazioni della tecnologia 5G broadcast nei paesi europei ed extra europei

Negli ultimi anni si stanno moltiplicando le sperimentazioni riguardanti la tecnologia *5G Broadcast* in Europa e nel resto del mondo. Nei *riquadri seguenti* vengono riportati gli esempi più significativi di sperimentazioni attualmente in corso.

Ulteriori *trial* relativi alla tecnologia 4G/5G da parte dei membri *EBU* sono riportati nel *Technical Report 044* del luglio 2018 Nota 1.

Le sperimentazioni *Rai* in Italia sono descritte nel dettaglio in un articolo ad esse dedicato in questo stesso numero della rivista Nota 2.

Austria - ORF/ORS

A seguito dell'approvazione concessa dall'autorità per i media *KommAustria*, l'emittente del servizio pubblico austriaca *ORS* intende effettuare un test sperimentale sulla ricezione *5G Broadcast* relativamente ai canali TV e radio, nella città di Vienna.

Il progetto pilota verrà realizzato attraverso i due grandi siti di trasmissione di Vienna, Kahlenberg e Liesing, utilizzando un canale nella banda a *700 MHz*, assegnato per le finalità di test dall'autorità per i media dal 1° dicembre 2019 al 30 giugno 2020.

La sperimentazione riguarderà inizialmente i canali TV *ORF 1* e *ORF 2*, nonché le stazioni radio *Ö1*, *Ö3* e *FM4*, gestite dall'emittente pubblica *ORF*.

Nota 1 - EBU Technical Report TR 044, *Trials Tests and Projects relating to 4G/5G Broadcast Supported by European PSB*, Luglio 2018, https://tech.ebu.ch/docs/techreports/tr044.pdf

Nota 2 - A. Bertella e altri, *5G Broadcast: sperimentazioni e dimostrazioni*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", questo stesso numero, pp. 43-50

Germania - 5G TODAY

Da luglio 2017, l'*IRT (Institut für Rundfunktechnik)* è alla guida del progetto tedesco *5G TODAY* [a], che sperimenta la diffusione TV in tecnologia 5G nella regione bavarese del Bayerisches Oberland. Il progetto ha realizzato una catena di trasmissione completa per la distribuzione su infrastrutture di rete broadcast, caratterizzate tipicamente da celle di grandi dimensioni (raggio di 20-30km), di programmi TV utilizzando la modalità di trasmissione *LTE/5G feMBMS*. Il progetto è finanziato dalla *Bayerische Forschungsstiftung (Fondazione bavarese per la ricerca)* e coinvolge, oltre all'*IRT*, *Kathrein Werke* e *Rohde & Schwarz*, con il supporto di *Bayerischer Rundfunk* e *Telefonica Germany*.

La tecnologia sperimentata da *5G TODAY* si basa sulla modalità *FeMBMS* della *Release 14 del 3GPP*, che permette la diffusione in modalità broadcast verso i terminali 5G dalle torri *HPHT (High Power High Tower)* delle reti broadcast, in grado di coprire vaste aree con un numero limitato di trasmettitori [b].

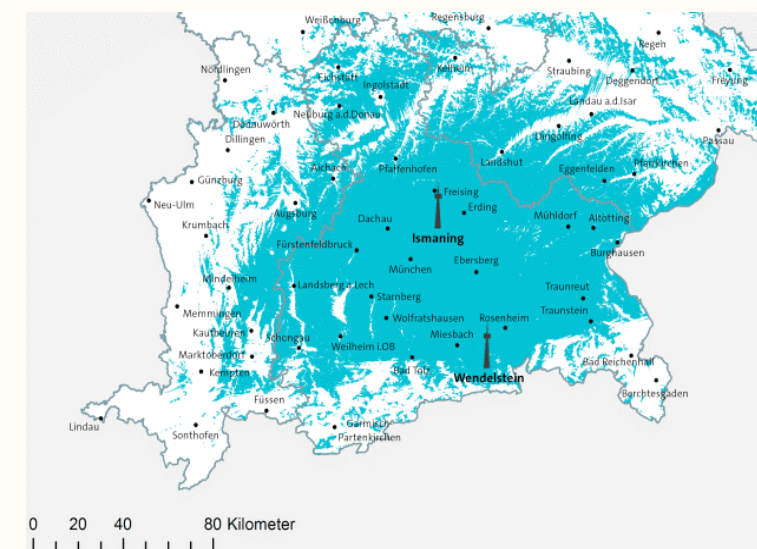
Per le sperimentazioni sono stati utilizzati due trasmettitori *Rohde & Schwarz* con *ERP* da *100 KW* installati nei siti di Monaco-Ismaning e Wendelstein (altezza 1828 m), operanti in modalità a *frequenza singola* (*SFN*) sul canale 56/57 (750-760 MHz). Le frequenze utilizzate per la sperimentazione sono fornite da *Telefónica*, mentre i siti dei trasmettitori e il contenuto TV sono stati messi a disposizione da *Bayerischer Rundfunk*. Il ricevitore *FeMBMS* utilizzato per le prove in campo, basato sulla tecnologia *SDR (Software-Defined Radio)*, è stato sviluppato da *IRT*.

La sperimentazione ha permesso di verificare l'efficienza della tecnologia *5G Broadcast* per la distribuzione di programmi TV dalle torri *HPHT* dei broadcaster verso i futuri dispositivi mobili 5G, smartphone e tablet. I risultati del progetto saranno utilizzati a supporto del lavoro di standardizzazione nei gruppi *3GPP* e per promuovere la tecnologia ai fini di una rapida implementazione sul mercato di ricevitori con tale funzionalità.

[a] Bavarian research project 5G TODAY, https://5g-today.de/?lang=en (ultimo accesso 09/12/2019)

[b] A. De Vita e altri, *Gli standard per i broadcaster nell'ecosistema 3GPP*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", questo stesso numero, pp. 27-32

La sperimentazione *5G TODAY*

Il ruolo dei broadcaster nell'era 5G: iniziative internazionali

UK - La sperimentazione BBC *5G RuralFirst*

Il progetto *5G RuralFirst* [a], guidato da *Cisco* e dall'*Università di Strathclyde*, comprende una trentina di partner e ha come obiettivo la realizzazione di test-bed in ambito rurale per sperimentare il 5G wireless e la connettività mobile.

Nell'ambito del progetto, la *BBC R&D* ha condotto delle sperimentazioni sul campo al fine di testare la tecnologia 4G/5G per la distribuzione, in modalità broadcast, di *canali radio live*. Più in generale, i *casi d'uso* esaminati complessivamente all'interno del progetto vanno dall'agricoltura alla pesca e alle applicazioni *IoT (Internet of Things)*.

Questo trial, che si configura come il primo test di tale tecnologia (relativamente alla *Fase 1* del 5G), si inserisce all'interno di uno dei sei progetti promossi dal Governo inglese al fine di esplorare le aree relative alla fornitura e distribuzione dei servizi di tipo broadcast. In particolare, tale progetto si pone l'obiettivo di *investigare nuovi approcci per la connettività nelle aree rurali*, caratterizzate dal fatto di avere una scarsa copertura e risorse di banda limitate sia per quanto riguarda le reti fisse che quelle mobili. Di conseguenza, il 5G può ricoprire un ruolo chiave in tale contesto, ossia fornire servizi broadcast in aree difficili da raggiungere e laddove non è conveniente investire in reti di tipo unicast. Il trial 5G orientato al *Broadcast di contenuti radio* si compone di due parti: una sperimentazione sul campo basata sulle apparecchiature 4G disponibili in commercio e lo sviluppo da parte di BBC di un prototipo di un modem standalone per la trasmissione 5G broadcast, che implementa le ultime funzionalità *feMBMS* ad oggi non ancora disponibili nei telefoni commerciali.

Il trial è stato condotto sull'isola di Stronsay nelle isole Orkney, al largo della costa scozzese. La scelta di tale area è dovuta al fatto che attualmente essa dispone di servizi in banda larga fissa molto limitati, la ricezione del segnale mobile è molto scarsa o addirittura assente e la copertura della *radio digitale DAB* risulta insufficiente.

La sperimentazione prevede la trasmissione in modalità di trasmissione *broadcast 4G* (*eMBMS*) di tredici stazioni radio live, tra cui il servizio locale *BBC Radio Orkney*. Inoltre, ai partecipanti alla sperimentazione è stato fornito l'accesso alla rete Internet mobile convenzionale per dimostrare i vantaggi della trasmissione broadcast live a confronto con l'unicast per servizi di catch-up TV e on-demand.

Sebbene la tecnologia implementata si fondi essenzialmente sulle specifiche definite nello *standard 4G*, mettendo a disposizione una frequenza dedicata e fornendo schede SIM gratuitamente ai partecipanti al trial, è stato possibile emulare alcune funzionalità di trasmissione che saranno presenti nello *standard 5G* come la *trasmissione stand- alone* e la *ricezione di tipo free-to-air*.

Per la sperimentazione è stata costruita una rete mobile abilitata alla trasmissione broadcast ad hoc, per poter avere il controllo completo sulle impostazioni di trasmissione e consentirne la variazione per valutare le prestazioni in diverse situazioni. Ai partecipanti è stato fornito uno smartphone abilitato alla trasmissione con un'app *BBC 5G Radio* per accedere ai servizi radio live.

[a] Progetto 5G RuralFirst, https://www.5gruralfirst.org/ (ultimo accesso 09/12/2019)

Cina - Il 5G Broadcast a Pechino

Seguendo l'esempio del progetto *5G Today* in Baviera, anche la Cina si sta interessando al *5G Broadcast*. L'*Academy of Broadcasting Science (ABS)* e *China Broadcasting Network (CBN)*, due istituzioni pubbliche sotto l'autorità governativa della *National Radio and Television Administration (NRTA)*, stanno realizzando una *sperimentazione 5G Broadcast a Pechino*.

I test cinesi sono partiti nell'agosto 2019, in occasione della *Mostra Internazionale di Radio, TV e Film di Pechino (BIRTV)* e rappresentano il primo passo di una strategia a lungo termine verso le *Olimpiadi invernali del 2022* a Pechino, con l'intenzione di proseguire con un'ulteriore espansione nazionale entro il 2025.

La sperimentazione di Pechino comprende tre siti di trasmissione, le stazioni *CCTV Tower*, *Jing Guang Center* e *Ming Ren Square*, distanti tra loro circa 10 km ed operanti in una *rete a frequenza singola (SFN)*. Trasmettitori e componenti di rete sono forniti dalla tedesca *Rohde & Schwarz* e opereranno con potenza di uscita di *1 kW* alla frequenza centrale *754 MHz* con larghezza di banda di *5 MHz* (successivamente è prevista l'estensione a *10 MHz*). Il ricevitore utilizzato nella sperimentazione è stato sviluppato dall'università tedesca *TUBS (Technische Universität Braunschweig)*.

Con questa implementazione *end-to-end*, *ABS* e *CBN* prevedono di eseguire vari test di propagazione per verificare la copertura di rete in scenari di ricezione mobile, ed analizzare le possibilità di applicazione della tecnologia e l'interconnessione con la rete unicast *LTE*.

La sperimentazione *5G Broadcast* di Pechino potrebbe avere un'influenza importante sui produttori di chipset e terminali a fronte dell'enorme mercato potenziale e potrebbe essere un'ulteriore forza trainante per la realizzazione commerciale end-to-end della nuova tecnologia di trasmissione.

Brasile - Grupo Globo

Anche *Grupo Globo*, che gestisce la più grande rete televisiva brasiliana e latinoamericana, ha effettuato la prima prova sul campo *5G Broadcast* in Brasile in occasione del *Festival Rock di Rio*.

L'obiettivo del progetto, anch'esso lanciato con apparecchiature del produttore tedesco *Rohde & Schwarz*, è quello di convalidare l'operabilità e le opportunità di mercato della tecnologia *5G Broadcast*.

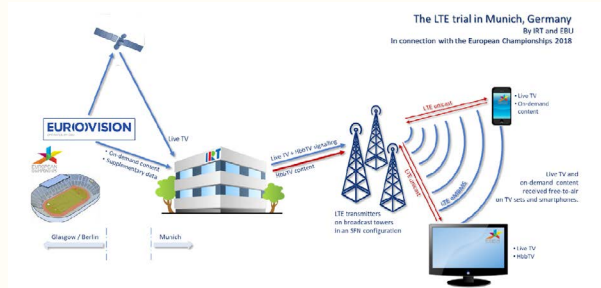
Il *Festival Rock di Rio* è stato trasmesso su un canale UHF sperimentale utilizzando la nuova tecnologia alla fine di settembre 2019.

EU H2020 - Il progetto 5G-XCast

L'applicazione del 5G nel mondo dei media è stata analizzata dal *progetto H2020* denominato *5G-XCast (Broadcast and Multicast Communication Enablers for the Fifth Generation of Wireless Systems)* [a], con l'obiettivo di proporre e sperimentare una nuova architettura 5G per la diffusione di contenuti multimediali su larga scala. Il progetto ha sviluppato le funzionalità broadcast e multicast per il 5G, per applicazione nel campo dei *Media &Entertainment (M&E)* in sinergia con i settori dell'*Automotive*, *IoT* e *Public Warning (PW)*, con la collaborazione di 18 partner comprendenti *operatori telecom* (tra cui *TIM* e *BT*), *produttori di apparati di rete e terminali* (tra cui *Samsung* e *Nokia*), *broadcasters* (*BBC* e *IRT*), *enti di ricerca e università*.

Un'architettura molto flessibile e dinamica permette la ricezione di contenuti attraverso diverse tipologie di dispositivi e utenti in movimento in diversi ambienti, sfruttando tutte le reti disponibili. Tutto ciò può essere ottenuto attraverso la definizione di una nuova rete di accesso radio, nuovi livelli di trasporto e applicazione basati sull'estensione alla modalità broadcast delle specifiche definite dal 5G per la trasmissione di tipo *unicast*.

Il principale compito del progetto è stato quello di sviluppare le funzionalità *broadcast* e *multicast* per la *5G New Radio* e per la *5G Core Network*, per realizzare una architettura convergente tra rete fissa, mobile e broadcast, in grado di passare dinamicamente e in modo invisibile per l'utente tra la modalità unicast, multicast e broadcast, per un uso efficiente delle risorse.

Punto chiave è stata la definizione di interfacce che permettano di armonizzare la fruizione di contenuti broadcast e unicast. In aggiunta, il progetto ha anche previsto una serie di test in campo per testare le funzionalità introdotte. In particolare, le funzionalità *Hybrid Broadcast* sono state sperimentate nell'area urbana della città di Monaco durante i *Campionati Europei di Atletica 2018*. In quell'occasione i contenuti live sono stati combinati con contenuti ad-hoc personalizzati per l'utente.

La sperimentazione 5G-XCast a Monaco durante i *Campionati Europei di Atletica 2018* (*immagine tratta da* [b])

[a] EU H2020 Project 5G-XCast, https://5g-xcast.eu/ (ultimo accesso 09/12/2019)

[b] 5G-XCAST, *Deliverable D6.4 - Final Evaluation and Integration - Version v2.0 - 2019/07/31*, http://5g-xcast.eu/wp-content/uploads/2019/08/5G-Xcast_D6.4_v2.0_web.pdf

191_02b_5.07

Gli standard per i broadcaster nell'ecosistema 3GPP

Assunta **De Vita**, Vittoria **Mignone**, Alberto **Morello**
Rai - Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione

Nel passato, tutti i tentativi di introdurre nuove tecnologie per la fornitura di servizi di TV mobile hanno avuto poco successo dal punto di vista commerciale, per varie ragioni tra cui la limitata disponibilità di terminali idonei, ma anche per modelli di business poco chiari tra i diversi attori coinvolti (Broadcaster/Telecom).

Tuttavia, una promettente opportunità è emersa nel 2015 da parte del 3GPP, che ha dato il via ad uno studio intitolato Enhancement for TV service (EnTV)*. Questo ha fatto sì che la comunità dei broadcaster iniziasse a partecipare attivamente al 3GPP, sotto la guida dell'EBU (Unione europea di radiodiffusione). Da allora i broadcaster hanno cominciato a presentare le loro richieste per la distribuzione di servizi TV mediante il 3GPP.*

Il primo set di requisiti che accoglievano appieno le esigenze dei broadcaster è stato definito nella Release 14 del 3GPP. Al fine di introdurre ulteriori miglioramenti a tale specifica e di colmarne le lacune, è stato avviato uno studio per la Release 16 intitolato Study on LTE- based 5G Terrestrial broadcast *il cui completamento è previsto per la fine del 2019.*

Principali caratteristiche dell'eMBMS Release 14

Nell'ottica di estendere l'offerta TV a tutte le piattaforme, garantendo *contenuti video di alta qualità* (*HD*, *guaranteed QoS*, *no buffering time*) a milioni di utenti ad un prezzo contenuto, i broadcaster o, meglio, le *TV Media Company* hanno provato negli anni a introdurre varie tecnologie (*DVB-H*, *DVB-SH*, *MediaFLO*,...) allo scopo di fornire servizi di *TV mobile*. Tuttavia queste tecnologie hanno avuto un limitato successo commerciale, a causa sia della limitata disponibilità di terminali idonei, sia dell'eco-sistema (reti, risorse di frequenza, contenuti, fornitura di servizi, proprietà del terminale) di complessa definizione tra gli attori coinvolti (broadcaster/telecom) sia, infine, a causa dei modelli di business poco chiari per i diversi attori [1].

Tuttavia, una promettente opportunità è emersa nel 2015 grazie al *3GPP*, che ha dato il via ad uno studio intitolato *Enhancement for TV service (EnTV)*. Questo ha fatto sì che la comunità dei broadcaster iniziasse a partecipare attivamente al *3GPP*, sotto la guida dell'*EBU* (*Unione europea di radiodiffusione*) all'interno dello *Strategic Programme on Distribution*. Altre compagnie di broadcasting, come la giapponese *NHK*, hanno a loro volta sostenuto l'iniziativa *EBU*.

Alcuni acronimi utilizzati nell'articolo

- EBU: European Broadcasting Union
- 3GPP: 3rd Generation Partnership Project
- ISD: Inter Site Distance
- CP: Cyclic Prefix
- RAN: Radio Access Network
- RAN1: RAN Working Group 1
- OFDM: Orthogonal Frequency-Division Multiplexing

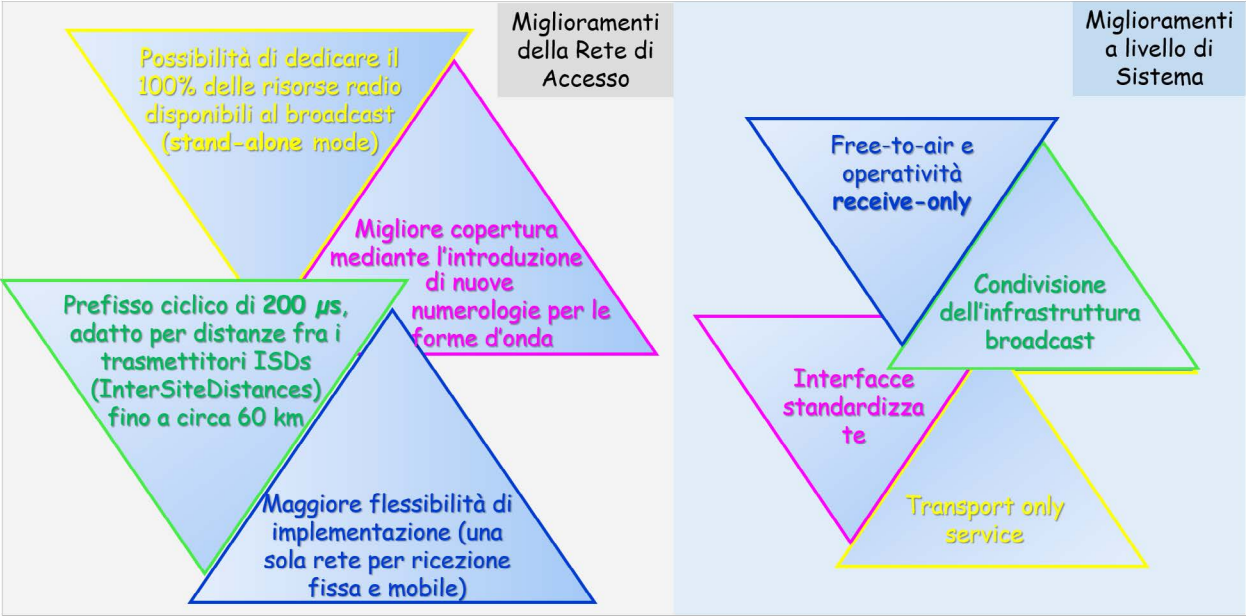
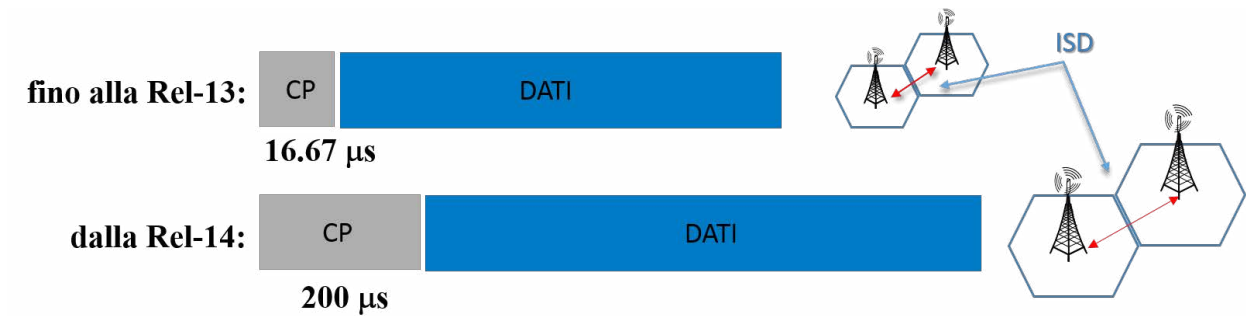



Fig. 1 – Requisiti di alto livello per la distribuzione di contenuti broadcast e servizi su sistemi *3GPP*

I broadcaster hanno quindi cominciato a presentare le loro richieste relative alla distribuzione di servizi TV mediante il *3GPP* (riassunte in Fig. 1).

Tali requisiti includevano, tra gli altri:

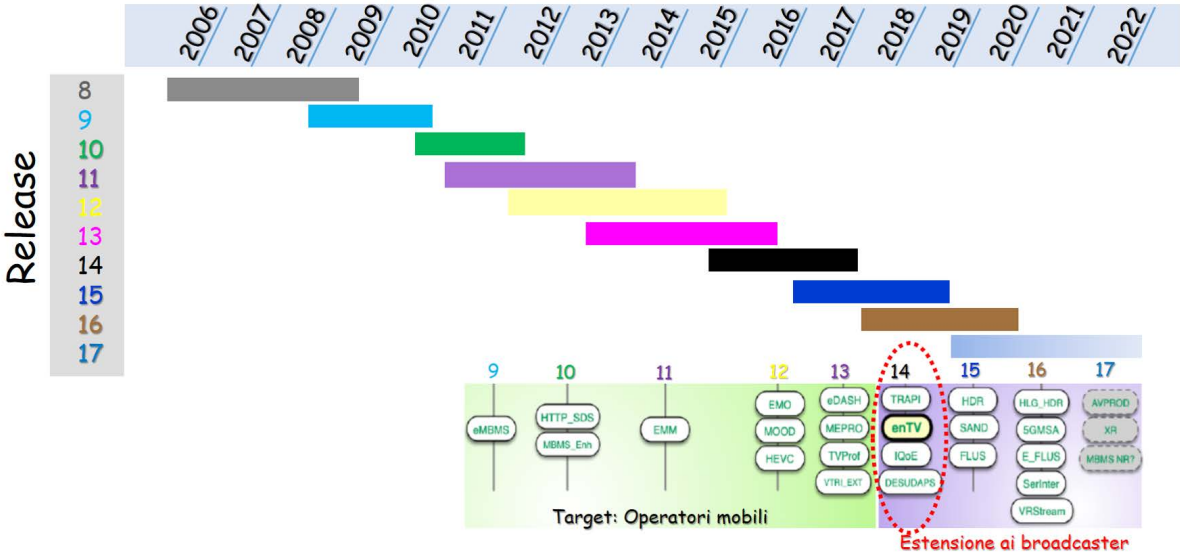
- *modalità free-to-air e sola ricezione*, ovvero la possibilità di ricezione free-to-air senza *SIM card* e senza obblighi contrattuali verso un operatore di rete;
- *modalità standalone*, ovvero la possibilità di dedicare al broadcast il *100%* delle risorse radio disponibili, superando così il limite del *60%* specificato nelle versioni precedenti (fino alla *Release 13*);
- definizione di un *prefisso ciclico* (*CP*) più lungo, pari a *200 µs*, per consentire una distanza tra siti (*ISD*) fino a circa *60 km* in uno scenario di rete *SFN* (*Single Frequency Network*) (Fig. 2).

Fig. 2 – Numerologia del *CP* e dell'*ISD*

L'obiettivo principale per tutti questi requisiti era di modificare e migliorare la modalità broadcast già esistente del *3GPP* chiamata ***eMBMS*** (*evolved Multimedia Broadcast Multicast Service*) che offre funzionalità multicast e broadcast ed è stato introdotto in *3GPP* già dalla *Release 9*. Era basato sulla prima versione della modalità multicast/broadcast chiamata *MBMS*, che è parte delle specifiche già dalla *Release 6*.

Tuttavia, fino alla *Release 13* (Fig. 3), l'*eMBMS* era limitato da alcuni vincoli che lo rendevano poco attraente per la comunità dei brodcaster. Ad esempio, solo un massimo del *60%* della capacità poteva essere assegnato per trasmissioni di tipo *eMBMS*, mentre il resto doveva essere riservato per trasmissioni unicast. Di conseguenza, l'*eMBMS* in questa variante poteva essere istanziato solo nella configurazione tradizionale della rete mobile ed gestito da un operatore mobile tradizionale. Ciò era legato al fatto che l'*eMBMS* poteva essere implementato solo per distanze tra siti di trasmissione (*ISD*) tipiche delle reti mobili 3G/4G, vale a dire dell'ordine di pochi chilometri al massimo. Ora invece, con l'estensione del *prefisso ciclico*, si apre la possibilità per gli operatori di rete broadcast di utilizzare la loro infrastruttura di rete, cosiddetta *High Power High Tower* (*HPHT*). L'*HPHT* è quindi una funzionalità chiave per consentire una copertura di trasmissione su vasta area [2].

L'obiettivo di sottomettere i requisiti mostrati in Fig. 1 era proprio quello di superare questi vincoli. L'uso del *100%* della capacità per l'*eMBMS* e la possibilità di utilizzare *ISD* significativamente più grandi (rispetto a quanto ottenibile finora con la modalità *unicast*) miravano a consentire la realizzazione di reti in modalità *solo downlink*, le cosidette reti *eMBMS standalone*. Il *Technical Report TR 22.816* [3] del *3GPP* pubblicato a giugno 2017 come parte della *Release 14* conteneva tutte le richieste inziali dei broadcaster.

Soluzioni promettenti per la distribuzione di servizi di TV lineare sui sistemi *3GPP* basati sullo standard *LTE* (*Long Term Evolution*) erano, quindi, possibili ed è allora che è stato introdotto l'acronimo ***FeMBMS*** (*Further enhancements on evolved Multimedia Broadcast Multicast Service*). Da quel momento, una serie di trial sono stati avviati in Italia, Germania, resto d'Europa e del mondo, come ampiamente descritto in [4][5], al fine di testare le funzionalità introdotte da questa specifica.

Fig. 3 – *3GPP*: gli standards per il broadcast 4G-5G

Requisiti per il 5G - Release 16

I risultati di tutte queste sperimentazioni, insieme ad una *gap analysis* condotta dall'*EBU* e da varie compagnie, in particolar modo *Qualcomm*, hanno costituito le basi per uno studio di follow-up in *3GPP*, con lo scopo di migliorare ulteriormente la specifica *FeMBMS* e colmare le lacune ancora contenute nella *Release 14*.

Di coseguenza, è stato avviato all'interno del *3GPP* uno *Study Item* per la *Release 16* intitolato *Study on LTE- based 5G Terrestrial broadcast* da completare entro la fine del 2019. Sono state identificate diverse limitazioni, così come riportato nel *Technical Report TR 36.776* [6] e in [7]. In particolare, rispetto a quanto fatto nella *Release 14* e definito nel *Technical Report TR 38.913* [8], il nuovo standard supporterà sia la copertura di grandi aree *SFN* per stazioni con un raggio di cella fino a *100 km* sia la mobilità fino ad una velocità di *250 km/h*. In particolare, ad oggi, è stato definito un *prefisso ciclico* più lungo pari a *300 µs* con una *durata del simbolo* di *2,7 ms* per la ricezione sul tetto e con grandi *ISD* (maggiori di *60 Km*); viene inoltre adottata una nuova numerologia con *100 µs* di *CP* e *400 µs* di *durata del simbolo* per una migliore mobilità. In tal senso, all'interno di *EBU*, **Rai** ha contribuito, dal punto di vista simulativo, ai lavori sottomessi al gruppo di lavoro *RAN1* del *3GPP*, riguardanti lo studio di nuove numerologie da standardizzare. In particolare sono stati fatti studi sistemistici relativi a simulazioni di configurazioni di rete *LPLT* (*Low Power Low Tower*), *MPMT* (*Medium Power Medium Tower*) e *HPHT* per diverse *durate del prefisso ciclico* (T_{CP}) e *durate del segnale utile* (T_U) e ottimizzate in termini di efficienza spettrale.

Altro argomento cardine della *Release 16* è stato lo studio delle **CAS** (*Cell Acquisition Subframe*), anch'esso ampiamente analizzato dai membri dell'*EBU*. Le *Release* precedenti dell'*LTE eMBMS* limitavano l'allocazione per i frame *MBSFN* al *60%* delle risorse broadcast (fino a 6 dei 10 subframe per ciascun frame). In questa modalità, la segnalazione richiesta per la sincronizzazione, l'acquisizione e il *service discovery* è stata minimizzata e incapsulata nelle *CAS*. Essa viene trasmessa *una volta ogni 40 subframe*, introducendo un overhead del *2.5%*. Le *CAS* comprendono i seguenti segnali e canali (Fig. 4):

- *PSS* (Primary Synchronization Signal),
- *SSS* (Secondary Synchronization Signal),
- *CRS* (Cell-Specific Reference Signal),
- *PBCH* (Physical Broadcast Channel),
- *PDCCH* (Physical Downlink Control Channel)
- *PDSCH* (Physical Downlink Shared Channel)

La corretta ricezione di questi permette l'accesso al *PMCH* (Physical Multicast Channel) che convoglia i subframe *MBSFN* contenenti i dati. Le *CAS* sono trasmesse utilizzando la numerologia *unicast 15 kHz* con la possibilità di usare sia *CP* pari a *4.7 µs* che *CP* di *16.67 µs*. In pratica questo significa che le *CAS* possono tollerare solo piccoli ritardi del segnale mentre i subframe *MBSFN* possono tollerare anche ritardi più grandi (Fig. 5).

Fig. 4 – Struttura delle *CAS* (*Cell Acquisition Subframe*)

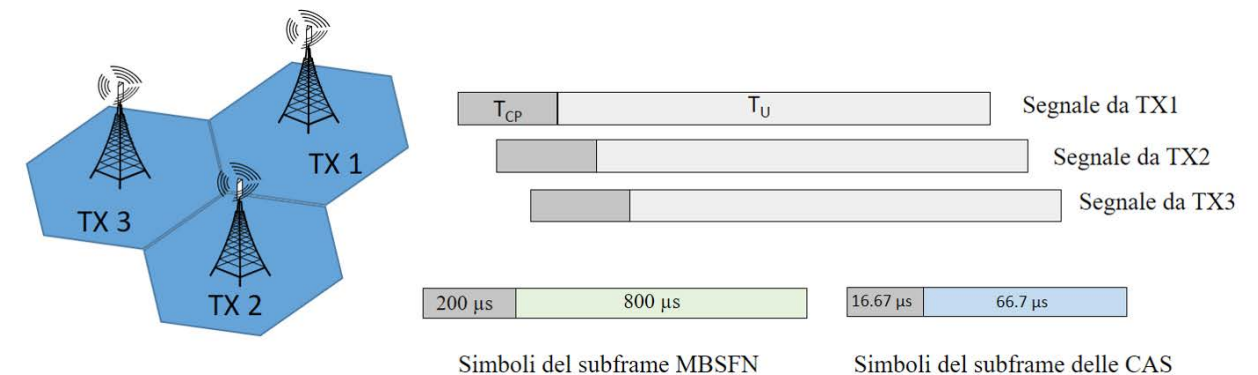
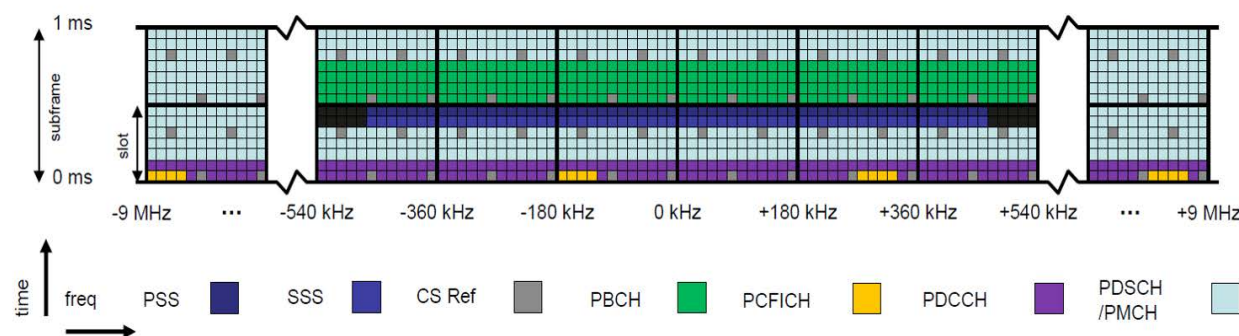



Fig. 5 – Rete a singola frequenza con 3 trasmettitori e ruolo del *prefisso ciclico*. I subframe *MBSFN* sono progettati per fornire una copertura ampia. I subframe delle *CAS* con numerologia *OFDM* possono soffrire di un certo grado di interferenza

Poiché la corretta ricezione delle *CAS* è un fattore critico per la ricezione dei successivi subframe *MBSFN*, i vari canali all'interno delle *CAS* sono stati appositamente resi più robusti: essi possono generalmente essere demodulati anche con soglie di *SNR* basse o addirittura negative. I miglioramenti proposti considerano la ripetizione e la combinazione di istanze *PBCH* o l'aumento dei livelli di aggregazione per *PDCCH*. Tutte queste criticità sono state evidenziate ed opportunamente analizzate all'interno dei gruppi di lavoro dell'*EBU* per essere sottomesse e discusse ai meeting del *RAN1* al *3GPP*.

L'*EBU* ha partecipato a queste attività di standardizzazione collaborando affinchè le funzioni multicast e broadcast, da specificare in un secondo momento nell'interfaccia radio definita nella **New Radio** (*NR*) [Nota 1], potessero essere perfettamente allineate al lavoro svolto in *EnTV* e permettessero di colmare le lacune esistenti e di introdurre nuove funzionalità.

Le nuove specifiche dovrebbero permettere la distribuzione dei *servizi audiovisivi* (*AV*) classici, come programmi audio e video lineari, download e streaming di contenuti AV, comunicazioni di gruppo basate su AV, ed in più dovrebbero abilitare nuovi tipi di servizi in vari settori di mercato distinti, i cosiddetti *verticals* [9]. In questo ambito, tra le altre cose, è stato posto l'accento sulla necessità di poter passare dinamicamente tra le modalità unicast, multicast e broadcast al fine di rispondere al meglio alle singole richieste mutevoli, ad esempio, a causa delle diverse distribuzioni degli utenti e delle richieste di servizi concorrenti.

Nota 1 - Il primo set completo di specifiche sul 5G è stato standardizzato a partire dalla *Release 15*. Tale *release* è stata strutturata in tre fasi: una prima versione è stata inizialmente approvata nel **dicembre 2017** e definisce una configurazione di rete che connette la nuova interfaccia radio (la cosiddetta *New Radio*, *NR*) all'*EPC* (*Evolved Packet Core*) dell'*LTE*. In questa configurazione di rete, l'*LTE* viene utilizzato per il piano di controllo (ad es. informazioni di segnalazione e procedure di mobilità come passaggi di mano) e la *NR* per il piano utente (dati) (ad es. trasmissione di dati). Nel **giugno 2018** è stata specificata la versione principale *5G NR Standalone* (*SA*). Definisce una rete core 5G di nuova generazione e funzionalità di piano utente e controllo per *NR*, in modo che possa essere implementata senza alcuna dipendenza dalle reti *LTE* esistenti. L'ultima fase di *Release 15* è stata approvata a **metà 2019** per consentire al core 5G di interagire anche con una rete di accesso radio *LTE* (*RAN*). Ciò consente la continuità del servizio tra *NR* e *LTE* e sfrutta anche la doppia connettività aggregando le portanti della *NR* a *LTE* e viceversa.

Bibliografia

[1] R. Beutler, *Production, Contribution, and Distribution of TV and Radio Services Over 3GPP Systems*, in "SMPTE Motion Imaging Journal", vol. 128, Issue 8, Settembre 2019, pp. 99-103, **DOI:** 10.5594/JMI.2019.2918975

[2] EBU BPN119, *5G Broadcasting Systems: Analysis of 3GPP Release 14*, Novembre 2019, https://tech.ebu.ch/publications/5g-broadcasting-system-analysis-of-3gpp-release-14

[3] 3GPP TR 22.816 V14.1.0 (2016-03), *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; 3GPP enhancement for TV service (Release 14)*, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2893

[4] G. Alberico, A. De Vita, V. Mignone, *Il ruolo dei broadcaster nell'era 5G: iniziative internazionali*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", questo stesso numero, pp. 17-26

[5] A. Bertella ed altri, *5G Broadcast: sperimentazione e dimostrazioni*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", questo stesso numero, pp. 43-50

[6] 3GPP TR 36.776 V2.0.0 (2019-03), *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Study on LTE-based 5G terrestrial broadcast (Release 16)*, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3500

[7] 3GPP Work Item Description RP-190732, *LTE-based 5G terrestrial broadcast*, 18-21 Marzo 2019, https://www.3gpp.org/ftp/TSG_RAN/TSG_RAN/TSGR_83/Docs/RP-190732.zip

[8] 3GPP TR 38.913 v14.3.0 (2017-06), *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on scenarios and requirements for next generation access technologies (Release 14)*, Sezione 9.1, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2996

[9] A. De Vita, V. Mignone, *La tecnologia 5G: evoluzione o rivoluzione?*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", questo stesso numero, pp. 5-15

191_02c_2.06

Il 5G e l'integrazione dei servizi di diffusione radiotelevisiva*

Assunta **De Vita**[1], Rossella **Gaffoglio**[2], Vittoria **Mignone**[1], Alberto **Morello**[1]
[1]**Rai -** Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione
[2]**Università degli Studi di Torino** - Dipartimento di Fisica

Introduzione

Negli ultimi anni il settore delle comunicazioni mobili ha registrato una crescita impressionante del traffico dati, a causa della crescente richiesta di servizi multimediali da parte dei dispositivi mobili, una parte significativa dei quali è identificabile con video clip di alta qualità, mentre la distribuzione di servizi broadcast di tipo *live* rimane ancora limitata, a causa dei limiti mensili di dati nei profili di fatturazione. Di conseguenza, gli operatori di telefonia mobile stanno rendendo continuamente le loro reti più efficienti investendo in nuove generazioni di tecnologia mobile (ad esempio, il 5G) e in reti più fitte.

A tal fine, l'estensione degli standard 3G e 4G ad una specifica *multicast* (*MBMS*, *Servizio Multicast Broadcast Multimediale* e *eMBMS*, versione evoluta di MBMS), permette di fornire lo stesso contenuto TV ad un numero illimitato di utenti, senza duplicazione dello stesso bitstream video (cosa che, invece, accade per le trasmissioni *unicast*), usando quindi una minor quantità di risorse spettrali. Il caso d'uso considerato dagli operatori di rete mobile è quello relativo alla *fornitura di eventi video dal vivo (sport, concerti) a più spettatori in un'area specifica*, allocando temporaneamente parte della capacità della rete mobile cellulare a questo servizio multicast, mentre un'altra parte della capacità è assegnata a servizi multimediali a banda larga di tipo unicast. Questo caso d'uso verrà nominato nel seguito come **evento-TV**.

Le reti mobili sono concepite principalmente per *sistemi bidirezionali* e *servizi one-to-one* (ovvero *unicast*); possono fornire servizi video, come clip in formato corto, generalmente con una qualità del

Riproposizione del documento "Long term perspectives of TV Convergence towards 5G: mobile and fixed applications" presentato all'IBC 2017.

Le valutazioni riportate nelle Conclusioni mantengono la loro validità anche attualmente.

Il 3GPP ha definito nella Release 14 un nuovo sistema eMBMS con caratteristiche che sono ben allineate ai requisiti tecnici, provenienti dal settore dei broadcaster, per i servizi TV.

Nel documento vengono analizzate le principali caratteristiche introdotte dalla Release 14 con riferimento sia ad una rete ideale che ad uno scenario reale, considerando una tipica rete broadcast che ricopre l'area intorno alla città di Torino. Si prende in esame sia la ricezione fissa che quella mobile outdoor.

L'analisi condotta indica che la Release 14 rappresenta, potenzialmente, uno strumento importante per un possibile scenario di convergenza, aprendo la strada ad un sistema 5G che copre la TV fissa e la TV mobile, utilizzando trasmettitori broadcast o siti degli operatori mobili, consentendo, così, una cooperazione tra i diversi elementi della catena per un uso più efficiente ed economico delle risorse disponibili.

Alcuni acronimi utilizzati nell'articolo

- SINR: Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio
- CP: Cyclic Prefix
- CRHL: Coverage area Ratio between High tower and Low Tower
- EIRP: Equivalent Isotropic Radiated Power
- HTHP: High Tower High Power
- LTLP: Low Tower Low Power

* Versione in italiano, a cura degli autori, del documento *Long term perspectives of TV Convergence towards 5G: mobile and fixed applications* presentato all'IBC 2017.

Il 5G e l'integrazione dei servizi di diffusione radiotelevisiva

servizio (*QoS*, *Quality of Service*) limitata. Tuttavia, l'approccio unicast per eventi live (che richiedono una moltiplicazione dello stesso contenuto TV per ogni utente connesso) mette a dura prova le reti mobili, soprattutto durante i periodi di punta.

Il *3GPP* ha definito nella *Release 14* [1] un nuovo sistema *eMBMS* con caratteristiche ben allineate ai requisiti tecnici e funzionali richiesti per la fornitura di servizi di **TV mobile** in modalità broadcast, servizi caratterizzati da un elevato livello qualitativo dei contenuti video (qualità HD), con *QoS* garantito (assenza di buffering temporale) e con copertura di estesi territori (paesi, regioni).

Le reti terrestri sono generalmente costituite da *torri ad alta potenza* (*HPHT*), per servizi broadcast TV e radio tradizionali, e *reti cellulari a bassa potenza* (*LPLT*) per dispositivi di telefonia mobile e comunicazioni multimediali a banda larga. Lo scenario *HPHT* prevede un numero limitato di trasmettitori ad alta potenza con altezze di antenna elevate e *potenza isotropica effettiva irradiata* (*EIRP*) che va da alcuni kW a molte decine di kW. Anche utilizzando pochi trasmettitori, questo tipo di rete consente la copertura di grandi aree di servizio e i contenuti TV di tipo lineare vengono facilmente distribuiti a un pubblico di massa in uno scenario di ricezione fissa. Al contrario, l'architettura *LPLT* è caratterizzata da una fitta rete di trasmettitori, con livelli di potenza e altezze d'antenna piuttosto bassi, ottimizzati per la comunicazione *unicast wireless* verso dispositivi portatili e, quindi, più adatti per la copertura indoor anche nelle aree urbane. Per la *TV mobile*, la *Release 14 del 3GPP* può supportare l'implementazione di *reti cooperative HPHT* e *LPLT*, offrendo una significativa riduzione dei costi di realizzazione, come meglio spiegato di seguito.

L'ultimo caso d'uso che la *Release 14 del 3GPP* è in grado di abilitare riguarda la trasmissione di contenuti televisivi di alta qualità a ricevitori televisivi nazionali collegati alle classiche antenne direttive posizionate sul tetto, in sostituzione dei servizi di trasmissione attuali (*DVB*, *ATSC*, *ISDB-T*, ... famiglie di tecnologia). Questo caso d'uso è denominato di seguito ***TV fissa***.

In quali bande di frequenze i servizi video sopra citati (ovvero *evento-TV*, *TV mobile* e *TV fissa*) potrebbero essere collocati? Considerando le norme internazionali sull'assegnazione dello spettro, in Europa la **banda a 700 MHz** verrà rilasciata intorno al 2020-2022 e riallocata ai *servizi mobili a banda larga*. Servizi di streaming video secondo la *Release 14 del 3GPP* potranno essere erogati in questa nuova banda allocata o nelle bande di frequenza mobili superiori, con raster di canali mobili standard (ad es. i canali 4G/5G a 5 o 10 MHz per up-link e down-link in duplex a divisione di frequenza). Tuttavia, tali canali, essendo in genere bidirezionale, sono più adatti per i servizi di tipo *evento-TV*, con allocazione dinamica della capacità multicast e unicast in reti mobili *LPLT*, piuttosto che per i normali servizi di televisione mobile a livello nazionale (solo downlink). Un servizio di *TV mobile* autonomo potrebbe invece utilizzare la banda cosiddetta *SDL* (*Supplemental Down Link*), *738-758 MHz*, da assegnare in Europa, a seconda del Paese. Inoltre, la porzione di banda UHF sotto i *700 MHz* (Il canale raster a *8 MHz*) rimarrà riservato alla trasmissione dei servizi *DTT* (solo downlink) almeno fino al 2030. Secondo il principio di neutralità tecnologica stabilito dalle norme dell'UE, il *downlink DVB-T/T2* e la *Release 14 del 3GPP* stand-alone potrebbero essere entrambi adottati in questa banda (la soluzione *3GPP* avrebbe bisogno di (5+3) MHz di aggregazione dei canali per sfruttare appieno la larghezza di banda di 8 MHz).

Tuttavia, le normative nazionali potrebbero essere più restrittive e imporre una tecnologia specifica, per evitare la proliferazione tecnologica e garantire l'accesso universale ai servizi. Quindi tali bande di frequenza UHF inferiori a 700 MHz potrebbero essere considerate future candidate per servizi di ***TV mobile*** e *TV fissa 3GPP*.

Lo studio presentato qui di seguito analizza le principali caratteristiche tecniche della **Release 14 del 3GPP** e ne studia le prestazioni, nelle bande UHF (*700 MHz* o *inferiore a 700 MHz*), all'interno di reti sia teoriche che reali (uno scenario concreto relativo all'area intorno alla città di Torino). Vengono presi in considerazione gli scenari *TV mobile* e *TV fissa*. Lo studio si concentra sulla ricezione outdoor in quanto il consumo di video online indoor, pur continuando ad essere prevalente (70%) rispetto al consumo outdoor, sfrutta essenzialmente banda larga fissa e connessioni WiFi [2].

Risultati di simulazioni per una rete ideale

La prima parte del presente studio si concentra sui dei casi ideali, fornendo una panoramica delle diverse situazioni che si possono incontrare nelle reti reali (i valori dei parametri sono rappresentativi di casi tipici in Italia). Lo scenario di simulazione è descritto in *"Appendice - Il modello di simulazione"*.

Per i servizi di *TV mobile*, come target della percentuale dell'area di copertura si considera il *98%*, per una *probabilità di outage* (inteso come disservizio) nelle piccole aree del *2%*, mentre per i servizi di *TV fissa* la percentuale di copertura dell'area target è del *95%*, per una *probabilità di outage* nelle piccole aree del *5%*; entrambe le situazioni sono riferite nel seguito come *copertura di buona qualità*. Per valutare l'efficienza spettrale ottenibile per i servizi di *TV mobile* e *TV fissa*, viene preso in considerazione un approccio *SFN* (*Single Frequency Network)* a livello nazionale.

Ricezione mobile

Al fine di valutare i parametri del livello fisico della *Release 14 del 3GPP* per la fornitura di servizi di *TV mobile*, sono state simulate tre diverse configurazioni del trasmettitore: *solo HPHT*, *solo LPLT* e *scenario cooperativo HPHT/LPLT*. Il *SINR* è fissato a*10 dB* per una *efficienza spettrale* di circa *2,5 (bit/s)/Hz* (ipotizzando *3,5 dB* di *fading Rayleigh* e margine di implementazione oltre il limite di Shannon), consentendo la fornitura di 10-15 programmi HD in uno slot di frequenza di *8-10 MHz*. Questi valori non sono caratteristici di uno specifico sistema, ma possono essere considerati come rappresentativi dello stato dell'arte di una generica interfaccia radio mobile (ovvero *DVB-T2/Lite* o *Release 14 del 3GPP*).

Le prestazioni di copertura dipendono, generalmente, dalla potenza (*EIRP*) e dall'altezza (H_{TX}) del trasmettitore, dal *prefisso ciclico* (*CP*) di sistema per il funzionamento della *rete SFN* (limitato a *200 µs* nella *Release 14 del 3GPP*), dalla dimensione dell'area di copertura, dall' *ISD* (*Inter Site Distance*) e dal tipo di ambiente nel quale si opera (rurale, suburbano o denso urbano). Il comportamento di una *rete SFN* va da uno scenario *noise limited*, in cui ad un aumento di *EIRP* corrisponde un aumento proporzionale del *SINR* (questo è in genere il caso in cui altezza e potenza del trasmettitore sono ridotte e con valodi di *ISD* elevati), ad uno scenario *limitato dall'interferenza* (l'interferenza proviene dal segnale di trasmettitori distanti, con una ritardo di propagazione maggiore di *CP*), in cui un aumento dell'*EIRP* non produce un significativo aumento del *SINR* (effetto di saturazione per trasmettitori con *EIRP* molto elevata o con *ISD* ridotte).

La Fig. 1(a), nella pagina seguente, mostra, per una rete *HPHT*, la minima *EIRP* necessaria per ottenere un *SINR=10 dB* nel *98%* dell'area di copertura con il *2%* di *probabilità di outage*, per due altezze di antenna del trasmettitore: curve verdi per H_{TX}*=500 m* (ad es. trasmettitore su una montagna) e curve blu per H_{TX}*=200 m* (ad es. trasmettitore su una torre). Si considera il modello di propagazione in ambiente suburbano e due valori per il prefisso ciclico: *CP=200 µs*, come introdotto dalla *Release 14 del 3GPP*, e *CP=300 µs*, per valutare il vantaggio che un ulteriore l'aumento del *CP* potrebbe fornire (il *DVB-T2* permette diversi valori di *CP*, ad esempio *448 µs* per il multiplexing a divisione di frequenza *16k-ortogonale*, modalità per far fronte ad una moderata velocità del veicolo). Le linee tratteggiate sono relative alle *reti SFN*; come riferimento, le linee continue si riferiscono alla presenza di un singolo trasmettitore, situazione che rappresenta una rete ideale *multi-frequenza* (*MFN*) priva di interferenze (cioè con un fattore di riutilizzo della frequenza molto grande).

Il guadagno di potenza *SFN* rispetto a *MFN* è chiaramente visibile (linea tratteggiata rispetto linea continua dello stesso colore) quando il *CP* è sufficientemente alto rispetto all'*ISD* e può raggiungere i *10 dB* per le piccole *ISD*, mentre si riduce per *ISD* più grandi, quando il *CP* non è sufficiente per far

fronte ai trasmettitori adiacenti. Una copertura di buona qualità può essere garantita con una *ISD* di *60 km* e una *EIRP* pari a*12 kW* per H_{TX}*=500 m*; nel caso di H_{TX}*=200 m* è necessaria una *EIRP* più alta e l'effetto di un *CP* più breve diventa più evidente. L'*EIRP* richiesto è pari a circa *100 kW* per una *ISD* di circa *50 km* e *CP=200 µs*.

La Fig. 1(b) mostra i risultati della simulazione per una rete *LPLT*. Una copertura di buona qualità potrebbe essere garantita dalla rete *LPLT* (curve rosse per H_{Tx}*=20 m*) con una *ISD* di *4 km* usando una *EIRP* pari a *100 W* o una *ISD* di *6 km* utilizzandone una pari a *500 W* (applicabile alle celle urbane non affette da forti restrizioni del carico elettromagnetico). Per confrontare le reti *HPHT* e *LPLT*, è stato valutato il rapporto (indicato come *CRHL*) tra l'area di copertura del trasmettitore *HPHT* e quella del trasmettitore *LPLT*. Nei casi esaminati, *CRHL* vale circa *225* o *150*, per trasmettitori *HPHT* alti, rispettivamente, *500 m* o *200 m*, messi in relazione con trasmettitori *LPLT* da *100 W*. Nel caso di trasmettitori *LPLT* da *500 W*, *CRHL* si riduce rispettivamente a *100* o *70*.

Concentrandosi sul territorio italiano, la copertura dei *170.000 km²* di aree rurali e di pianura suburbana richiederebbe teoricamente meno di *100* siti *HPHT* (più precisamente 60 per H_{TX}*=500 m*, 87 per H_{TX} *= 200 m*), invece di circa *6.000* o *13.500* torri mobili *LPLT*, a seconda della *EIRP* trasmessa. Quando si considerano le aree urbane, per la rete *HPHT* la massima *ISD* si riduce a circa *45 km*, a parità di qualità di copertura e per una *EIRP* di *12 kW* (H_{TX} *= 500 m*). Con una *ISD* di *60 km* la copertura delle aree urbane con distanza dal trasmettitore maggiore di *15 km* non può essere garantita solo dalla rete *HPHT* ed è, quindi, necessario il coinvolgimento della rete *LPLT*. In pratica in una rete reale, o si installano nuovi trasmettitori *HPHT* appena fuori città o si sfrutta la sinergia con le reti *LPLT* esistenti.

La Fig. 2 mostra le zone di copertura di una rete *HPHT* (a sinistra) e di una *rete cooperativa HPHT/LPLT* (a destra) in un ambito urbano.

Nel caso in esempio, la rete *HPHT* adotta una *ISD* di *60 km* con una *EIRP* di *12 kW* (H_{TX} *= 500 m*), mirando così alla piena copertura suburbana del territorio come mostrato in Fig. 1(a) della pagina precedente; i siti *LPLT* sono stati inseriti a partire da una distanza di *15-30 km* dal trasmettitore *HPHT*, in modo da completare la copertura urbana. L'*ISD* per un trasmettitore *LPLT* è pari a circa *2,5–4 km* per una *EIRP* di *100–500 W*, configurazione che permette di avere una buona copertura urbana outdoor.

Ancora una volta, prendendo l'esempio dell'Italia, senza la rete *HPHT* la copertura dei *32.000 km²* di aree densamente urbanizzate richiederebbe, teoricamente, un numero di siti mobili nell'ordine di 2.500 o 6.500, a seconda dell'*EIRP* consentito, mentre con l'impiego di *HPHT* si risparmierebbe il 25% di tali installazioni urbane, riducendo in modo significativo i costi della rete *LPLT* urbana e l'impatto elettromagnetico da essa derivante.

(a) Rete *HPHT*

(b) Rete *LPLT*

Fig. 1 – Copertura suburbana: *EIRP* minima richiesta al trasmettitore per raggiungere una soglia *SINR=10 dB* in funzione dell'*ISD* per diverse configurazioni di rete (*MFN*, *SFN*), altezze del trasmettitore (H_{TX}) e prefissi ciclici (*CP*).

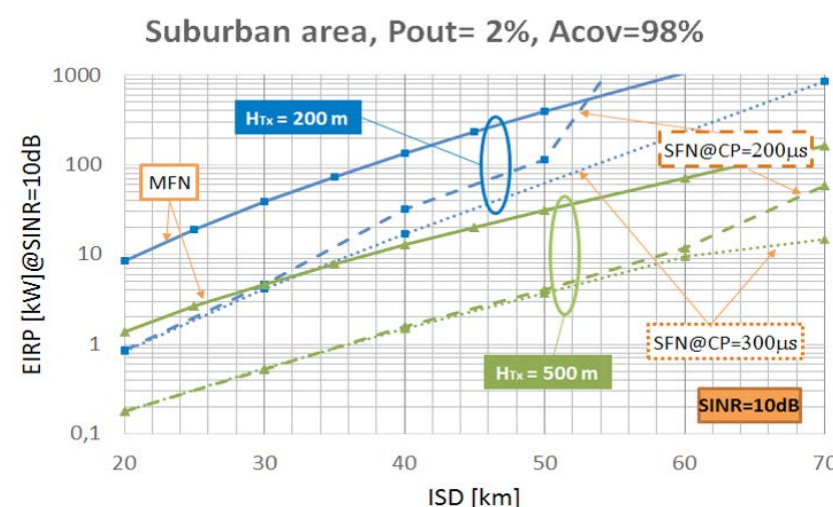
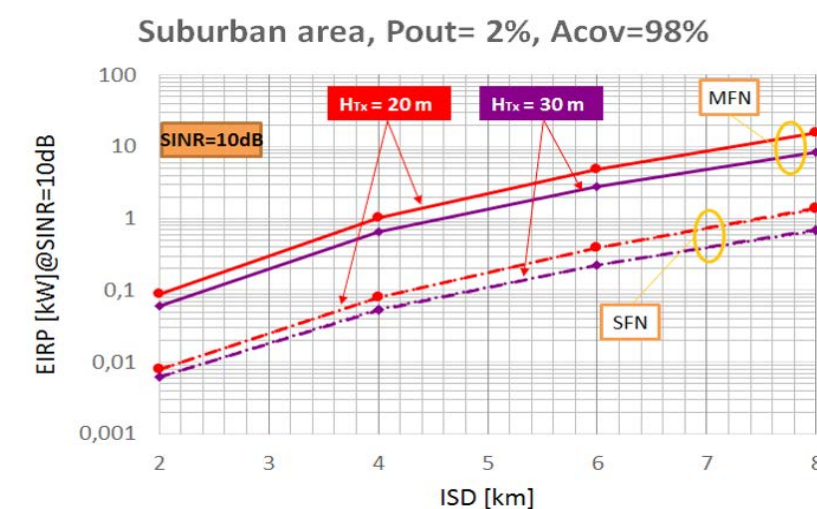
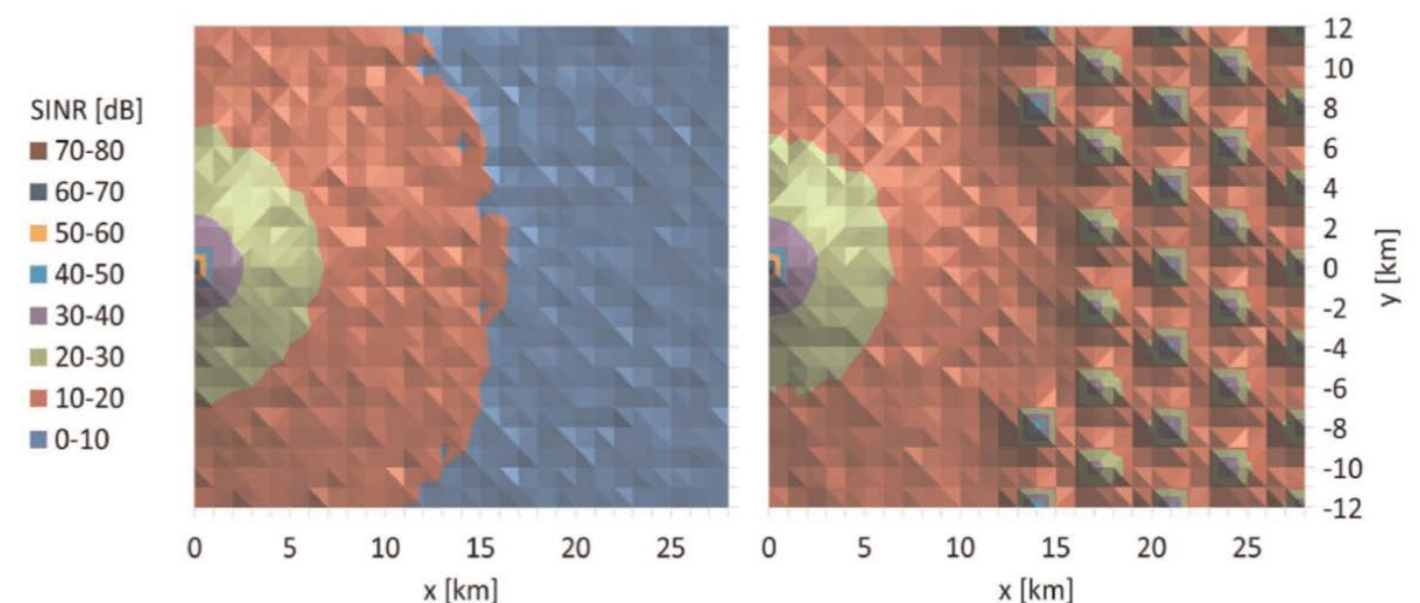



Fig. 2 – *SINR @ 98%* vs *distanza dal sito HPHT più vicino, situato in (0,0),* in un'area di copertura urbana per uno scenario *HPHT* (a sinistra) e *cooperativo HPHT/LPLT* (a destra).

Il 5G e l'integrazione dei servizi di diffusione radiotelevisiva

Ricezione fissa

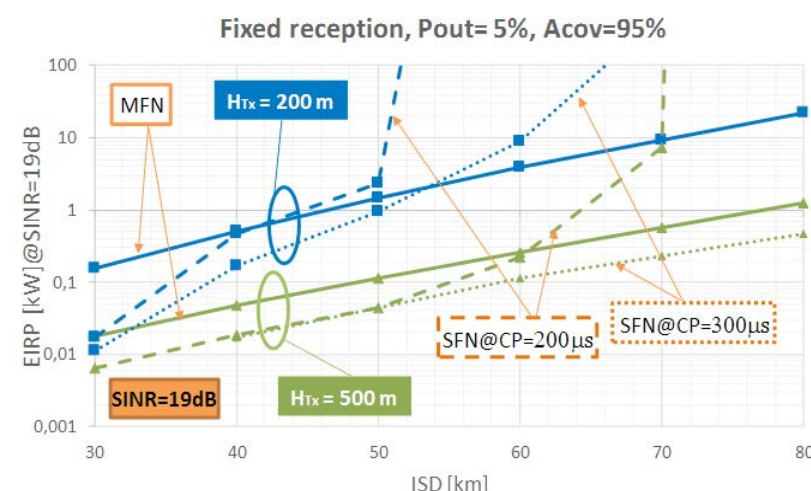
Per valutare le potenzialità offerte dalla *Release 14 del 3GPP*, rispetto al *DVB-T2*, relativamente alla *ricezione fissa* con antenna direttiva sul tetto, l'analisi considera un *SINR* target di *19 dB*, corrispondente ad un *DVB-T2 256-QAM* con *LDPC 2/3*, con un'efficienza spettrale di *5,3 (bit/s)/Hz* (escluse bande di guardia, *prefisso ciclico* e overhead delle portanti pilota).

Per le reti *HPHT*, la Fig. 3 mostra l'*EIRP* minimo necessario per ottenere un *SINR* target di *19 dB* per una buona qualità della copertura suburbana (che rappresenta anche la copertura urbana densa per la ricezione sul tetto), in funzione dell'*ISD* per diverse altezze delle antenne trasmittenti (curve blu per H_{TX}=*200 m* e curve verdi per H_{TX}=*500 m*). Come nella sezione precedente relativa alla *ricezione mobile*, vengono considerati due diversi valori di *CP*: *200 µs*, come stabilito dalla *Release 14 del 3GPP*, e *300 µs*. Come riferimento, le linee continue si riferiscono a un singolo trasmettitore, che rappresenta una rete *MFN* ideale, priva di interferenze (ovvero con fattore di riutilizzo della frequenza molto elevato).

Confrontando la Fig. 1(a) con la Fig. 3, risulta evidente l'enorme differenza di *EIRP* richiesta dalla ricezione mobile rispetto a quella fissa, questo a causa della differenza del guadagno e dell'altezza dell'antenna in ricezione: per un *ISD* pari a *50 km* la *TV mobile* richiede circa *18-20 dB* in più di *EIRP* rispetto alla *TV fissa* in una zona suburbana, tenendo già conto dei diversi target *SINR* (*10 dB* per *TV mobile*, *19 dB* per *TV fissa*), ma non considerando la ricezione mobile urbana né la ricezione indoor, che aumenterebbe ulteriormente la differenza.

Anche nel caso di ricezione fissa sul tetto, il guadagno di una *rete SFN* rispetto ad una *MFN* è chiaramente visibile (linee tratteggiate rispetto a linee continue di stesso colore) quando il *CP* è sufficientemente elevato rispetto all'*ISD*. Nelle simulazioni, per massimizzare il guadagno della rete, l'antenna ricevente è stata puntata al trasmettitore più forte, anziché al più vicino. Tuttavia, in questo caso, il guadagno non è elevato come quello di un'antenna ricevente omnidirezionale, perché l'antenna direttiva attenua i contributi utili dai trasmettitori circostanti: tale contributo può essere alto anche *4 dB* per piccole *ISD*, in cui il *CP* mantiene l'auto-interferenza di rete bassa, e si riduce a *0 dB* o diventa *negativo* per *ISD* più grandi.

Con *CP=200 µs* esiste un limite netto per l'*ISD* massima, valutabile dell'ordine dei *50 km* per altezze del trasmettitore pari a *200 m*: quindi, per paesi che non possono sfruttare montagne e colline per posizionare i trasmettitori, la *3Release 14 del 3GPP* non può supportare *ISD* di grandi dimensioni. Il *3GPP* sta attualmente valutando la possibilità di introdurre nella *Release 16 del 3GPP* nuovi valori di *CP* più grandi, per consentire *ISD* maggiori. Dovrebbero essere presi in considerazione valori allineati con quelli offerti dal *DVB-T2*.

Fig. 3 – *EIRP* minimo richiesto al trasmettitore per raggiungere una soglia *SINR=19 dB* nel 95% dell'area di copertura con una probabilità di outage del 5%, in funzione dell'*ISD* per diverse configurazioni di rete (*MFN*, *SFN*), altezze del trasmettitore (H_{TX}) e prefissi ciclici (*CP*).

Risultati di simulazione per l'area metropolitana di Torino

Sono stati effettuati test in uno scenario reale per ricezione mobile nell'area metropolitana di Torino. Il software utilizzato, *EMLAB®*, ha permesso di effettuare valutazioni radioelettriche, prendendo in considerazione il profilo del terreno e l'alternanza di zone rurali, suburbane e ambienti urbani.

È stata valutata la copertura fornita dalla rete *HPHT* per il 95% delle località, per un target *SINR* di circa *10 dB*, con gli stessi parametri del sistema ricevente utilizzati nelle simulazioni del modello teorico.

In Fig. 4 sono riportati i risultati di copertura per un'area di circa *40 km* di raggio intorno alla città di Torino, area che comprende anche altre piccole aree urbane.

La mappa mostra chiaramente che le aree urbane lontane dal trasmettitore principale (nella fattispecie, il trasmettitore di Torino Eremo) non possono essere coperte con buona qualità dalla sola rete *HPHT* (altre zone scarsamente servite sono quelle collinari o montuose). Per questo motivo, per servire le piccole aree urbane evidenziate con i cerchi rossi, sono necessari anche dei trasmettitori *LPLT*. Da notare che la simulazione considera solo i trasmettitori *HPHT* che coprono l'area rappresentata; i trasmettitori *HPHT* lontani (al di fuori dell'area esaminata) possono causare gravi interferenze per le quali potrebbe essere necessario un *CP* più grande.

Conclusioni

Questo studio indica che la **Release 14 del 3GPP** offre un importante strumento per la corretta diffusione, dopo il 2020, dei servizi TV nella banda *UHF*: a livello fisico si comporta in modo simile al *DVB-T2* per determinate *ISD* e ci si aspetta che le prossime versioni dello standard possano introdurre anche *CP* più grandi (fino a *500 µs*) per *ISD* più grandi.

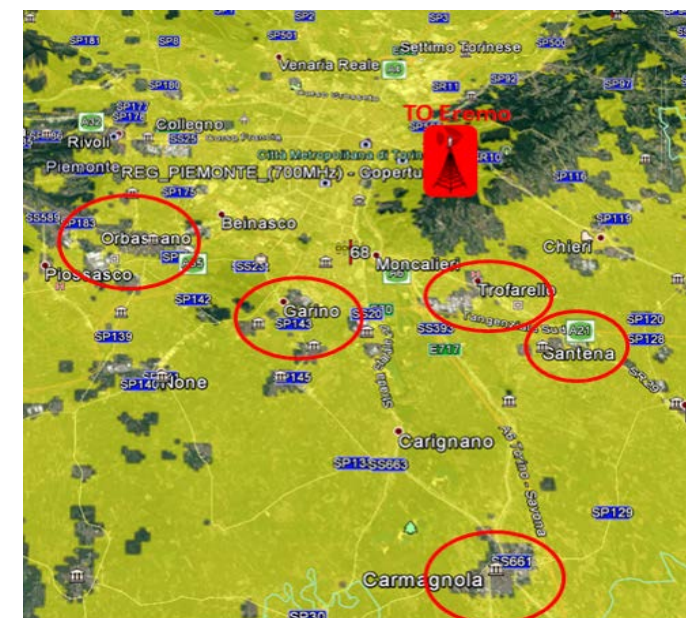



Fig. 4 – Mappa della copertura per ricezione mobile dell'area intorno a Torino

Il 5G e l'integrazione dei servizi di diffusione radiotelevisiva

La tecnologia *3GPP* offre soluzioni mobili sia per il caso d'uso **evento TV** (ad es. distribuzione locale di concerti dal vivo e di eventi sportivi per un periodo di tempo limitato) sia per il ben più ambizioso caso d'uso **TV mobile** che prevede un servizio di televisione mobile regolare a livello nazionale. In quest'ultimo caso le nuove funzionalità introdotte nella *Release 14 del 3GPP* consentono l'implementazione di una rete *SFN* a basso costo basata su:

- *una rete HPHT* (in genere, co-locata con una rete broadcast convenzionale), con un *ISD* dell'ordine di *50-60 km*, che copre le aree rurali, suburbane e urbane nelle vicinanze (*10-15 km*) dei trasmettitori;
- *una rete LPLT* complementare per le aree urbane situate più lontano dai trasmettitori *HPHT* (non tutti i siti mobili dovrebbero essere utilizzati, poiché l'*ISD* richiesto sarebbe di circa *2,5–4 km*).

Rispetto ad una rete *LPLT* a livello nazionale, questa configurazione di *rete cooperativa HPHT/LPLT* richiederebbe un numero decisamente inferiore di trasmettitori per coprire la stessa area (il fattore di moltiplicazione è compreso tra *70* e *225*, a seconda della *EIRP* massima delle *LPLT* e delle altezze delle *HPHT*). Il grande vantaggio di questa soluzione, rispetto ad un puro sistema broadcast (cioè *DVB/T2-Lite* o *DVB-NGH*), è che permette di sfruttare la disponibilità diffusa delle tecnologie *3GPP* all'interno dei dispositivi mobili. Resta da dimostrare che sia sufficiente superare questo fattore di blocco per rilanciare il business case della *TV mobile*.

Più complessa è l'analisi su un possibile ruolo della *Release 14* (o future soluzioni *5G/6G*) nel fornire servizi di **TV fissa** durante o dopo il prossimo decennio 2020-2030. Da un'analisi puramente tecnica ed economica, fondere i servizi di *TV fissa* e *TV mobile* sulla stessa rete è discutibile in termini di potenza e di ottimizzazione dello spettro. Come dimostrato in questo studio e ampiamente accettato nella comunità tecnica, le condizioni di ricezione (stabilite dal *SINR* disponibile) per antenne fisse sul tetto e per ricevitori mobili differiscono di tre o più ordini di grandezza, anche ignorando la ricezione indoor.

Lo studio presentato in questo articolo mostra che la copertura urbana necessita solo di una rete ausiliaria *LPLT* per *TV mobile*, non per la *TV fissa*. Pertanto, le efficienze spettrali ottenibili sono molto diverse (circa *2,5 (bit/s)/Hz* per la *TV mobile*, *5 (bit/s)/Hz* per la *TV fissa*) e riflettono bene i diversi requisiti sulla qualità dei diversi contenuti TV (gli schermi portatili da *5"–12 "* richiedono velocità di trasmissione video decisamente inferiori rispetto agli schermi TV fissi da *40"–60"*). Tutti questi fattori indicano che, sebbene l'infrastruttura di rete *HPHT broadcast*, originariamente progettata per la *TV fissa*, possa essere molto utile per implementare la *TV mobile 3GPP* a basso costo, questi servizi non convergeranno su un singolo segnale emesso.

Restano alcune domande:

- esiste qualche ulteriore driver tecnico o economico per convertire la *TV fissa* alla tecnologia *3GPP*, o l'attuale dualità *3GPP/DVB* continuerà? Una vasta gamma di elementi pubblicitari influenzeranno tale evoluzione futura, dato che le prestazioni tecniche del *3GPP* potrebbero includere il *DVB* in future *Release 5G*.
- La *3GPP Release 14* sarà implementata in maniera massiccia nei prossimi dispositivi portatili, e verranno coperte le bande sotto i *700 MHz* e i canali a *8 MHz*?
- Quali economie di scala si potrebbero ottenere utilizzando le tecnologie *3GPP* anche nei ricevitori TV?
- Quali saranno gli ostacoli che la migrazione dalla tecnologia *DVB* alla tecnologia *3GPP* dovrà affrontare, a causa della popolazione di ricevitori TV legacy attualmente in servizio?
- Come evolveranno e le compagnie di reti mobili nel futuro?

A meno che non si verifichi un significativo cambiamento dell'ecosistema, pochi elementi sembrano finora spingere verso la convergenza.

Appendice - Il modello di simulazione

La struttura *SFN* considerata nelle valutazioni di copertura è un reticolo esagonale di trasmettitori (Fig. 5), dove *N* trasmettitori *HPHT* (*N* è il numero minimo di elementi affinché la rete sia considerata idealmente infinita) sono sistemati regolarmente secondo una *ISD* specificata. Il modello di simulazione consente di aggiungere trasmettitori *LPLT* (punti rossi nella figura) al bordo dell'area di copertura del trasmettitore *HPHT*, se necessario per raggiungere il *QoS* prefissato.

I programmi *MATLAB®* implementati eseguono *simulazioni Monte Carlo* per calcolare il *SINR* per ciascun punto di ricezione dell'area esaminata, considerando come interferenti tutti i segnali che presentano un ritardo sopra la durata del *CP*, assumendo l'intervallo di equalizzazione, come definito in ([3], clausola 3.5), uguale al *CP*. A seconda del metodo di stima del canale, esso potrebbe essere grande quanto la durata del simbolo. Quindi i risultati dello studio possono essere considerati come *caso peggiore*.

Il modello di propagazione è quello definito nella *Raccomandazione ITU-R P.1546-5* [4], che riporta le curve dell'intensità del campo per almeno il *50%* delle posizioni all'interno di qualsiasi piccola area di circa *500 m × 500 m* e per il *50%*, il *10%* e l'*1%* del tempo, in funzione della distanza dal trasmettitore, per un *EIRP* di *1 kW*.

Per garantire la copertura del servizio al *99% del tempo*, come suggerito da raccomandazioni internazionali e studi di pianificazione [3], i segnali utili sono considerati al *50% del tempo*, mentre gli interferenti all'*1%*.

Si assume che le variazioni statistiche dell'intensità di campo nelle piccole aree seguano una *distribuzione log–normale* con una deviazione standard *σ=5,5 dB*. Il target relativo alla percentuale di locazioni nell'area piccola per una ricezione di buona qualità è fissato al *95%* per una ricezione fissa sul tetto e al *98%* per la ricezione mobile.

Sono state considerate diverse *EIRP* e diverse altezze per i trasmettitori *HPHT* e *LPLT*. Le antenne trasmittenti sono onnidirezionali nel piano orizzontale, mentre nel piano verticale si considera un pattern di direttività (Fig. 6) per ridurre le auto-interferenze della rete, come tipicamente si fa per le antenne reali: precisamente, il massimo *0 dB* è impostato a *0°*, *-3 dB* a *1°*, poi l'attenuazione aumenta linearmente fino a *-22 dB* a *3°* (per semplicità, è stata considerata

Fig. 5 – Configurazione del trasmettitore *HPHT/LPLT cooperativo*

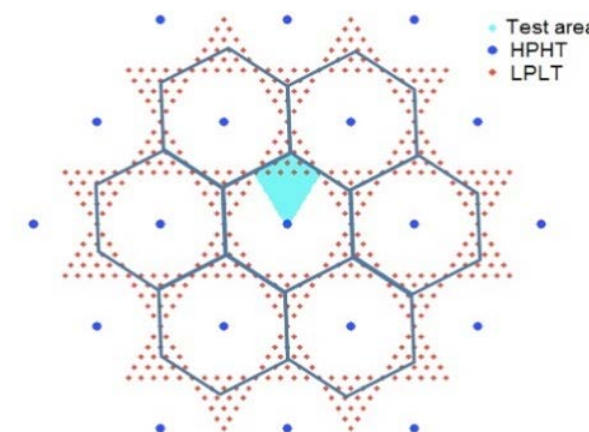
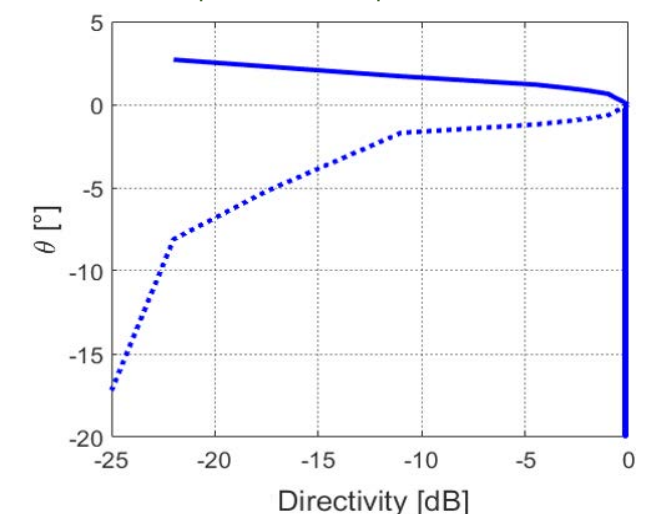



Fig. 6 – Direttività dell'antenna trasmittente nel piano verticale (per tilt = 0°)

una *EIRP* costante per gli angoli negativi, senza influenzare i risultati della simulazione, poiché le aree critiche si trovano al limite dell'area di copertura del trasmettitore). Inoltre, la direttività dell'antenna è *tiltata* verso il basso per avere un'attenuazione di *-3 dB* al bordo dell'area di servizio.

Il terminale di ricezione mobile è, in genere, un dispositivo portatile considerato ad un'altezza di *1,5 m* con una singola antenna con un guadagno di *-3,5 dBi*, valore tipico considerato in letteratura [3] ipotizzando la presenza dell'auricolare. Nello scenario fisso sul tetto, il ricevitore si trova a *10 m* sopra il livello del suolo con un'antenna direzionale avente un guadagno di *9,15 dB* (valore ricavato da [3] considerando *4 dB* di perdita del cavo) il cui modello di direttività è definito in [5]: *0 dB* nell'intervallo *±20°*, in calo linearmente da *0 dB* a *±20°* a *-16 dB* a *±60°*.

La reale copertura del territorio italiano è stata calcolata utilizzando il modulo software *EMLAB®* di *Aldena* che valuta la copertura radioelettrica utilizzando un modello di terreno dettagliato e il modello di propagazione della *Raccomandazione ITU-R P.1812-4* [6].

Bibliografia

[1] 3GPP TR 38.913 v0.4.0 (2016-06), *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on scenarios and requirements for next generation access technologies; (Release 14)*, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2996

[2] OFCOM Digital Day, 2016

[3] Report ITU-R BT.2254-2 (11/2014), *Frequency and network planning aspects of DVB-T2*, BT Series, Broadcating service (television), https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-BT.2254-2-2014-PDF-E.pdf

[4] Recommendation ITU-R P.1546-5 (09/2013), *Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 to 3000 MHz*, P Series, Radiowave Propagation, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-S!!PDF-E.pdf

[5] Recommendation ITU-R BT.419-3 (1992), *Directivity and polarization discrimination of antennas in the reception of television broadcasting*, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.419-3-199006-I!!PDF-E.pdf

[6] Recommendation ITU-R P.1812-4 (07/2015), *A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands*, P Series, Radiowave propagation, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1812-4-201507-I!!PDF-E.pdf

191_05_204

5G Broadcast: sperimentazione e dimostrazioni

Andrea **Bertella**, Alessandro **Lucco Castello**, Davide **Milanesio**, Federico Maria **Pandolfi**, Silvio **Ripamonti**, Bruno **Sacco**, Giovanni **Vitale**
Rai - Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione

Il Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione Rai, con il supporto di Rai Way e della Sede Regionale Rai di Aosta ed in collaborazione con la Technische Universität Braunschweig (Germania), ha sperimentando in Valle d'Aosta il profilo broadcast FeMBMS della Release 14 del 3GPP, il più avanzato precursore della tecnologia 5G broadcast.

La sperimentazione è stata implementata sulla rete diffusiva di Rai/Raiway sfruttando cinque trasmettitori terrestri d'alta potenza in isofrequenza.

A coronamento dell'attività sperimentale sono state poi organizzate due dimostrazioni per illustrare le potenzialità del 5G per la ricezione televisiva su telefoni cellulari e tablet di futura generazione. La prima dimostrazione ha avuto luogo, in prima mondiale, in occasione dei Campionati Europei di Atletica EC 2018 di Glasgow e Berlino (2-12 agosto 2018), utilizzando in diretta le immagini prodotte dall'EBU allo stadio di Berlino. La seconda si è svolta nel giugno 2019 a Torino in occasione dell'annuale Festa di San Giovanni.

Nel prossimo futuro, grazie anche alla possibilità di operare in modalità broadcast oltre che interattiva, la **tecnologia 5G** permetterà di trasmettere video ad altissima qualità nel corso di eventi che coinvolgono ampie platee di pubblico, offrendo anche nuove opportunità nell'ambito del video immersivo a 360°, della realtà aumentata e dell'interattività da parte degli utenti. In questo ambito il **CRITS** *(Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione)* della *Rai* ha portato avanti una serie di attività sperimentali e dimostrative per verificare e valutare gli effettivi benefici offerti da questa nuova tecnologia.

Sperimentazione in Valle d'Aosta

La *regione Valle d'Aosta* è stata spesso il teatro di numerose sperimentazioni del *CRITS*, specialmente con l'avvento del digitale negli anni '90. Il motivo di questo connubio *CRITS–Valle d'Aosta* va cercato nella particolarità di questa regione che, a causa della sua orografia, offre un ambiente particolarmente complesso dal punto di vista della diffusione e della ricezione dei segnali; le numerose vallate laterali e il cospicuo numero d'impianti che sono necessari per coprire il territorio rendono la Valle d'Aosta perfetta per testare in maniera approfondita le *reti a singola frequenza*. Inoltre, la possibilità di percorrere una fitta rete stradale secondaria, accanto a quella principale dei fondo valle, che spesso s'inerpica su scoscesi versanti montuosi frequentemente nascosti ai trasmettitori, rappresenta un banco di prova straordinario per la ricezione di segnali in movimento (si pensi alla *radio digitale DAB* o alla *TV mobile*). Infine, essendo così ben *schermata* dal resto del territorio

Alcuni acronimi utilizzati nell'articolo

- DAB: Digital Audio Broadcasting
- DVB: Digital Video Broadcasting
- EBU: European Broadcasting Union
- LTE: Long Term Evolution
- 3GPP: 3rd Generation Partnership Project
- IRT: Institut für Rundfunktechnik
- HD: High Definition
- UHD: Ultra High Definition (4K)
- HDR: High Dynamic Range
- HEVC: High Efficiency Video Coding
- FeMBMS: Further enhancements on evolved Multimedia Broadcast Multicast Service

nazionale, grazie alle imponenti vette montuose circostanti, e avendo un numero limitato di canali occupati rispetto al resto del Paese, la regione Valle d'Aosta permette una maggior flessibilità nell'assegnazione di frequenze per la sperimentazione.

In Val d'Aosta, nel 1995-96, agli albori della radio digitale, fu condotta un'intensa campagna di misure sul *DAB* di cui si può ripercorrere la storia in [1]; quando il digitale terrestre muoveva i primi passi, sul finire degli anni '90, si sperimentò la possibilità di trasferire sui ponti radio analogici il segnale *DVB-T* [2]; nei primi anni del 2000 si svolsero importanti test pre-operativi del *digitale terreste* [3]; fra il 2013 e il 2014 furono condotti i test sul *DVB-T2 Lite*, lo standard nato in seno al DVB-T2 per la ricezione mobile [4]. I risultati di quest'ultima sperimentazione sono stati descritti in un articolo presentato all'*International Broadcasting Convention (IBC)* del 2014 e premiato come miglior articolo della conferenza [5].

A partire dal 2015 la Valle d'Aosta ha ospitato numerosi test, condotti dal *CRITS* in collaborazione con la **TUBS** (*Technische Universität Braunschweig*, Germania), basati sull'utilizzo di tecnologie, derivanti dagli standard telefonici (ovvero del *3GPP*), per la trasmissione in broadcast di contenuti video verso terminali mobili (tipicamente smartphone). In una prima fase si è utilizzata una tecnologia *4G* (*LTE*), opportunamente modificata per poter operare in una rete a singola frequenza diffusa da torri televisive (chiamata *LTE-A+*)[7], inserita nei *Future Extension Frame (FEF)* di un segnale *DVB-T2*, alla stregua di quanto fatto con il *DVB-T2 Lite* [4]. In una seconda fase si è passati ad una trasmissione solo *LTE-A+*, abbandonando l'idea di associarla ad una trasmissione *DVB-T2* rivolta alla ricezione fissa. Infine, sono stati effettuati test sugli apparati di trasmissione e ricezione aggiornati alla *Release 14 del 3GPP* [6], relativa al *4G*, che ha introdotto importanti novità nel **profilo broadcast**, quali, tra le altre, la possibilità di gestire reti con trasmettitori distanti fino a *40-60 km* in modalità isofrequenza (*SFN*, *Single Frequency Network*) grazie all'estensione del *prefisso ciclico* fino a *200 µs* e la possibilità di utilizzare il dispositivo mobile in modalità di ricezione broadcast in modo indipendente dalla presenza di una SIM.

Dimostrazioni durante EC 2018

Per tutti questi motivi, ed essendo già pronta l'infrastruttura di distribuzione e trasmissione dei segnali, la Valle d'Aosta è stata nuovamente scelta nell'agosto 2018, in occasione dei *Campionati Europei di Atletica Leggera EAC 2018 di Berlino* (1-12 agosto 2018), per la prima trasmissione sperimentale in Italia di un **evento live** in modalità **5G Broadcast**.

Il *Dipartimento Tecnico* dell'*EBU* (Svizzera), il *CRITS* e l'*IRT* (*Istituto sulle Tecnologie Broadcast*, Germania), utilizzando in diretta le immagini prodotte dall'*EBU* durante le gare, hanno presentato le loro attività sul *5G* con prove sul campo e dimostrazioni eseguite a Monaco di Baviera e in Valle d'Aosta. L'importante iniziativa fa parte di un piano articolato di collaborazioni internazionali della *Rai*, particolarmente impegnata con l'*EBU* nella valutazione e nella ricerca nel campo delle tecnologie 5G.

Le sperimentazioni in questo ambito hanno mostrato come le tecnologie mobili d'avanguardia della famiglia 5G potrebbero essere utilizzate nel prossimo futuro per la distribuzione di contenuti e servizi dei media di servizio pubblico. Le prove e le dimostrazioni effettuate hanno validato un nuovo approccio in cui le tecnologie mobili sono implementate su un'infrastruttura di *rete broadcasting terrestre convenzionale* invece che su una rete di tipo cellulare e sono configurate per soddisfare specifici requisiti di servizio, come l'offerta in chiaro, una copertura territoriale estesa e una distribuzione efficiente dal punto di vista dei costi per i dispositivi mobili.

Nel dettaglio, il *CRITS*, con il supporto di *Rai Way* e della *Sede Regionale Rai di Aosta*, in collaborazione con la *TUBS*, ha sperimentato l'**FeMBMS** definito nella *Release 14 del 3GPP*, il più avanzato precursore della tecnologia *5G Broadcast*. La dimostrazione, implementata sulla rete sperimentale broadcast della *Rai* in Valle d'Aosta, prevedeva la ricezione via satellite dei segnali in diretta dai campi di gara, e la loro ritrasmissione verso i dispositivi mobili, in situazioni di mobilità lenta e veloce e con qualità *HD*, tramite cinque trasmettitori terrestri d'alta potenza operanti in singola frequenza.

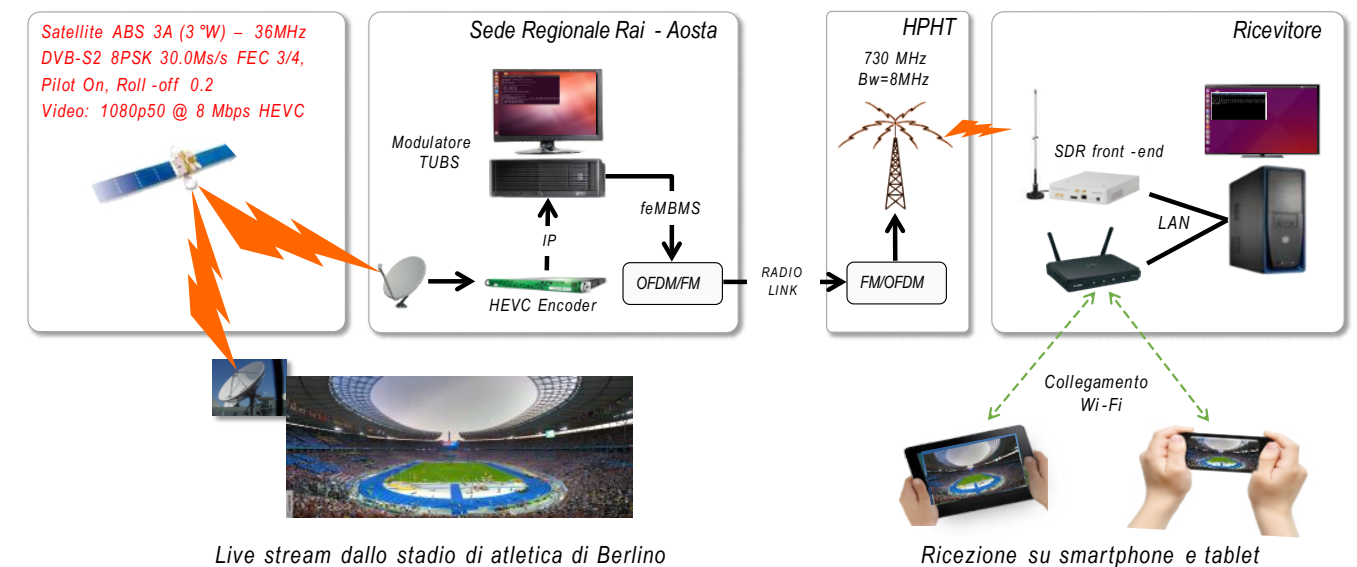



Fig. 1 – Schema di trasmissione per la dimostrazione in Valle d'Aosta

Contemporaneamente, il medesimo programma veniva anche trasmesso, in versione *UHD* utilizzando la tecnologia terrestre *DVB* di seconda generazione, in chiaro verso televisori fissi in grado di visualizzare il formato *UHD ad alta gamma dinamica* (*HDR*) e ad *alta frequenza di immagine* (*HFR* con riprese a 100 Hz).

Per realizzare questa dimostrazione, all'interno della *Sede Regionale Rai di Aosta Saint Christophe*, è stata allestita una postazione in grado di ricevere il contributo satellitare, appositamente predisposto dall'*EBU*, contenente, oltre al segnale *UHD HDR HFR* destinato alla ricezione fissa, anche un *flusso HD* a *8 Mbit/s* codificato in *HEVC* destinato alla dimostrazione sui dispositivi mobili.

Una volta ricevuto, questo *flusso HD* a *8 Mbit/s* è stato adattato ad un bit rate compatibile con la modalità di modulazione (*Modulation and Coding Scheme*, *MCS*) prescelta per la dimostrazione. I test condotti nei mesi precedenti l'evento hanno mostrato che la modalità in grado di garantire il miglior compromesso fra *robustezza* (e quindi copertura del territorio in mobilità) e *capacità trasmissiva* è il modo *MCS 7*, a cui corrisponde una modulazione *QPSK* con *code rate ½*. Il bit rate disponibile in tale modalità è pari a circa *4,8 Mbit/s*, valore al quale è stato codificato il flusso prima di essere inviato al modulatore sperimentale realizzato in collaborazione con la *TUBS*. Questo modulatore fornisce in uscita un *segnale RF* aderente alla definizione dell'*FeMBMS* presente nella *Release 14 del 3GPP*, precursore, come già accennato, del futuro *profilo broadcast* che sarà inserito, a partire dalla primavera 2020, nello standard *5G* per la telefonia.

All'epoca dei test e della dimostrazione non erano ancora disponibili apparati per la sincronizzazione dei trasmettitori all'interno di *reti a singola frequenza*. Per fare in modo che la trasmissione dei segnali avvenisse ugualmente in modo sincrono dai vari trasmettitori impiegati, il *segnale RF* generato presso la Sede Regionale di Aosta è stato distribuito in quota ai trasmettitori (*HPHT*, *High Power High Tower*) attraverso un ponte radio analogico, per poi essere diffuso sul *canale 53* a *730 MHz*. Allo scopo di inserire gli opportuni ritardi statici che garantissero che i segnali ricevuti a partire dai vari trasmettitori nelle aree di copertura non fossero al di fuori del *prefisso ciclico* previsto, pari a *200 µs*, sono state inserite nei centri trasmittenti delle opportune linee di ritardo. Ad esempio, il segnale proveniente dal trasmettitore di *Aosta Gerdaz*, che dista *3-4 km* dalla città di Aosta, è stato ritardato di *100 µs* per garantire, sul centro urbano di Aosta, la compatibilità con il segnale trasmesso da *Saint Vincent-Salirod*, sito distante circa *30 km* dalla città.

La dimostrazione prevedeva la ricezione sia all'interno della *Sede Regionale di Aosta*, sia lungo le arterie urbane ed extra-urbane della città in mobilità. In

5G Broadcast: sperimentazione e dimostrazioni

entrambi i casi, per ricevere e decodificare il segnale, è stato utilizzato un ricevitore sperimentale realizzato in collaborazione con la *TUBS*; questo ricevitore sostituisce , ad oggi, i chip che in futuro dovranno essere inseriti all'interno dei terminali mobili per abilitare la ricezione dei segnali *5G* in *modalità broadcast*.

Data l'assenza di terminali riceventi compatibili, per consentire all'utente di apprezzare la qualità della ricezione del *live stream* sul proprio telefonino, è stato predisposto un collegamento Wi-Fi tra il ricevitore sperimentale e il terminale mobile, in modo da consentire la visione dell'evento sul display del dispositivo. Il video ricevuto su terminale è un flusso UDP a circa *4,8 Mbit/s*, con codifica *HEVC*.

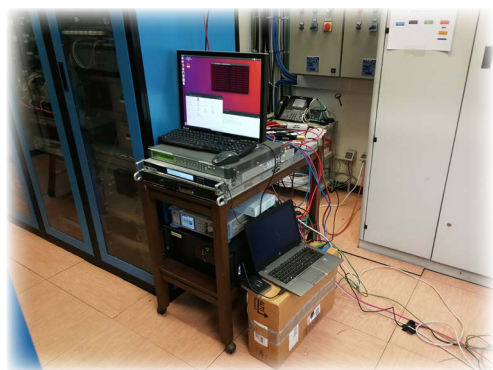



Fig. 2 – Postazione modulatore presso la sala ponti della *Sede Regionale Rai di Aosta*

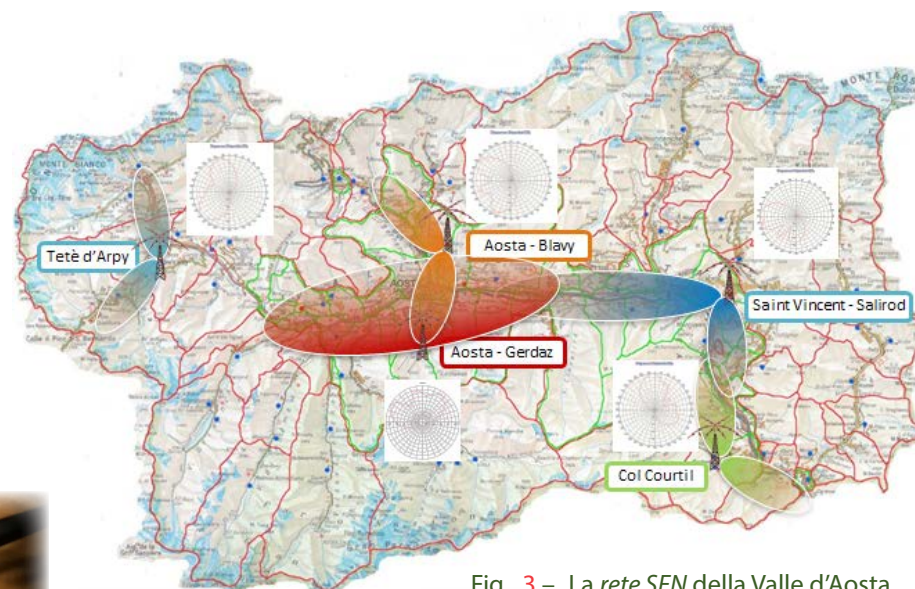



Fig. 3 – La *rete SFN* della Valle d'Aosta

Fig. 4 – Ricezione del *live stream* su terminale mobile

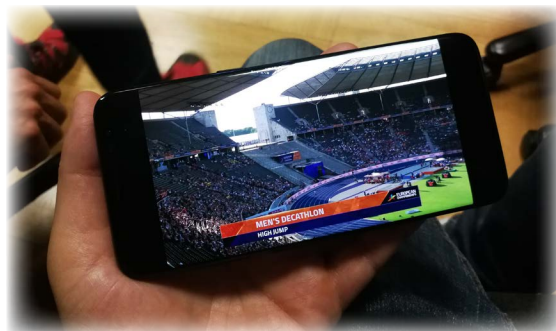



Fig. 5 – La *Sede Regionale Rai della Valle d'Aosta*

Fig. 6 – I trasmettitori di *Aosta Gerdaz* e *Saint Vincent-Salirod*

Dimostrazione a Torino in occasione della festa di San Giovanni

Sulla scia del successo della prima sperimentazione durante i *Campionati Europei di Atletica Leggera EAC 2018* e dato il crescente interesse nell'ambito della ricerca sulle tecnologie *5G*, il 24 giugno 2019, in occasione delle celebrazioni in onore di San Giovanni, santo patrono di Torino, il *CRITS*, in collaborazione con *TIM* (*Telecom Italia Mobile*) e *Comune di Torino*, ha effettuato un altro test di diffusione di immagini ad alta definizione verso telefoni cellulari in modalità 5G Broadcast.

La trasmissione, ripresa da una regia mobile situata all'interno della centralissima piazza Vittorio Veneto e da droni messi a disposizione da *TIM*, è stata curata dal *Centro di Produzione Rai di Torino*, dalla *TGR Piemonte* e da *RaiNews24*. Le immagini, trasmesse in diretta televisiva sul *canale RaiNews24*, sono state inoltre integrate da riprese in *4K* del territorio piemontese e della città di Torino.

Il *CRITS*, in contemporanea all'evento, ha curato la trasmissione sperimentale *live* delle immagini in tecnologia *5G Broadcast* dal trasmettitore *Rai Way* di *Torino Eremo*.

Negli studi del *Centro di Produzione TV Rai* di Torino via Verdi è stata ricevuta la contribuzione via satellite delle immagini provenienti dalla piazza; queste ultime, una volta codificate attraverso un encoder *HEVC* in un flusso IP a circa *6 Mbit/s* formato *HD*, sono state inviate mediante un ponte radio *IP* alla stazione trasmittente di *Torino Eremo*. Qui, attraverso l'impiego di un innovativo trasmettitore della *Rodhe&Schwarz* capace di implementare il profilo broadcast *FeMBMS* della *Release 14 del 3GPP* , il flusso è stato modulato utilizzando la modalità *MCS10*, corrispondente ad una modulazione *16QAM* con *FEC 0,31*, che consente di operare con un bit rate utile pari a *6,045 Mbit/s* su una banda da *5 MHz*. Il *segnale RF*, opportunamente amplificato mediante un *amplificatore ad alta potenza* (*HPA*) *VHF* a circa *120 W*, è stato poi diffuso nell'etere sul canale sperimentale *11 VHF* a *219,5 MHz*.

Presso il *Museo della Radio e della Televisione Rai* di Via Verdi a Torino è stata allestita una postazione ricevente sperimentale. Per la demodulazione e decodifica del segnale ricevuto via etere è stato utilizzato lo stesso dispositivo messo a punto dalla *TUBS* e impiegato per la sperimentazione in Valle d'Aosta.

A differenza della precedente sperimentazione, in cui l'*ultimo miglio* tra ricevitore e terminale mobile era stato coperto facendo uso di un semplice router Wi-Fi (e dunque con una limitata capacità a disposizione), in questa occasione il programma trasmesso è stato reso disponibile ad un folto gruppo di docenti e studenti del Politecnico di Torino che, grazie ad una soluzione innovativa sviluppata da *Global Invacom* e basata su una distribuzione di tipo *Wi-Fi multicast*, hanno potuto apprezzare la nuova tecnologia direttamente sul proprio telefono cellulare.

Una simile dimostrazione è stata allestita anche in occasione dell'*IBC 2019*, all'interno dello stand *EBU*.

Dettagli sulla distribuzione in Wi-Fi multicast per servire i terminali attualmente esistenti

La tecnologia *5G Broadcast* consentirà di distribuire i contenuti audio/video live ad un numero potenzialmente molto alto di dispositivi riceventi senza duplicazione di traffico sulla banda disponibile, in modo analogo quanto avviene sui canali broadcast tradizionali.

Per poter mostrare compiutamente la tecnologia *5G Broadcast* in una dimostrazione pubblica, non essendo ancora disponibili sul mercato terminali (smartphone o tablet) abilitati a tale tecnologia ma soltanto sistemi di demodulazione e decodifica prototipali, si è scelto, come detto, di coinvolgere i visitatori ridistribuendo localmente su rete Wi-Fi il segnale *5G Broadcast* ricevuto dal trasmettitore di Torino Eremo. In questo modo i visitatori presenti in sala, scaricando gratuitamente un'opportuna APP sul loro smartphone, hanno potuto vedere i contenuti in streaming come se il loro dispositivo fosse già abilitato alla tecnologia *5G Broadcast*.

5G Broadcast: sperimentazione e dimostrazioni

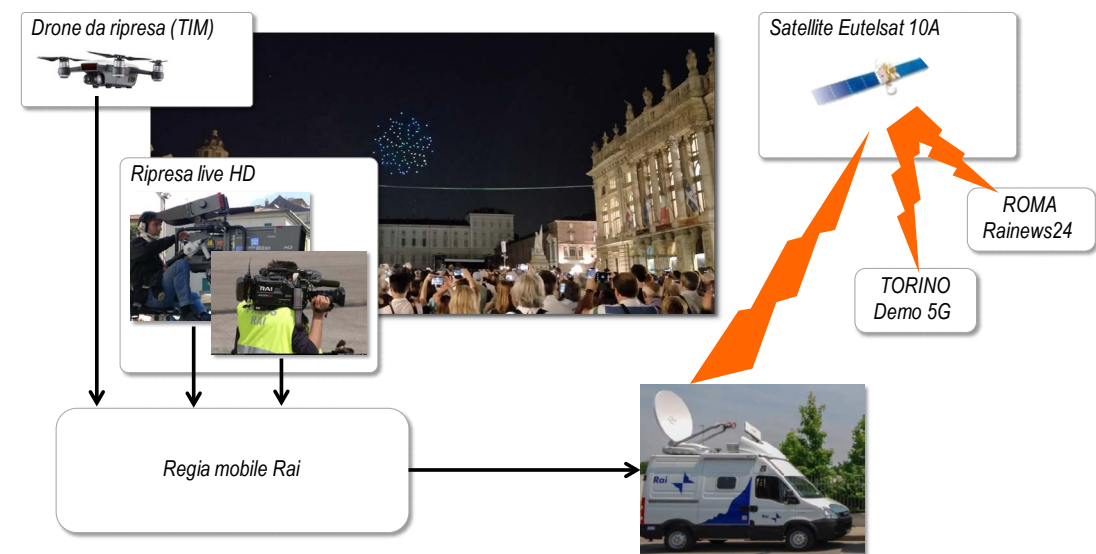



Fig. 7 – Contributi live provenienti dalla piazza della Festa di San Giovanni

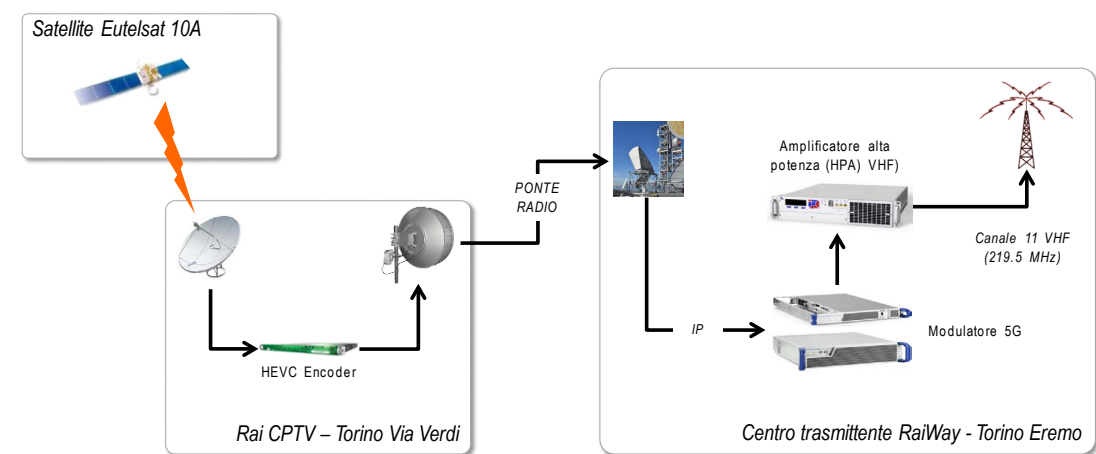



Fig. 8 – Ricezione della contribuzione via satellite e trasferimento del flusso verso il *trasmettitore di Torino Eremo*

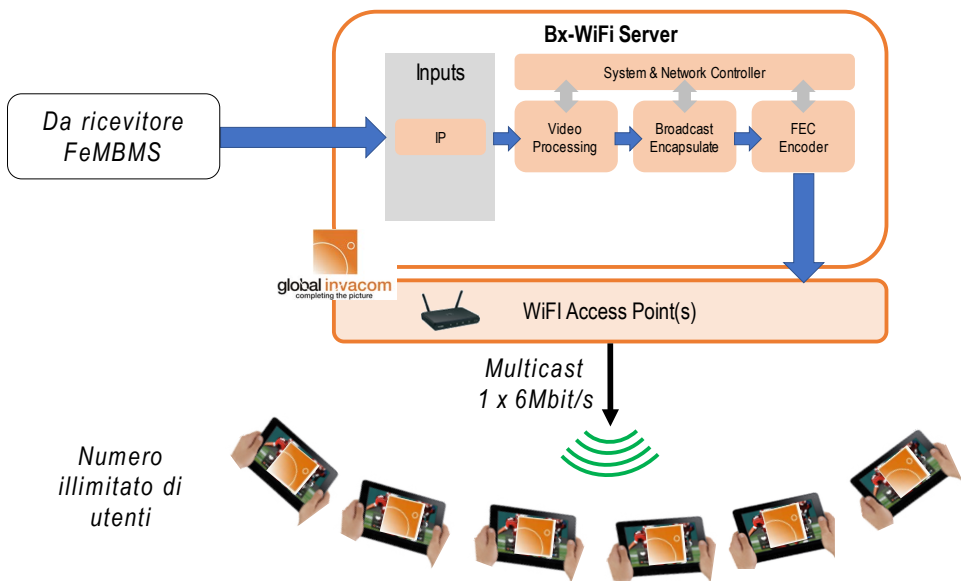
Fig. 9 – Ricezione del segnale *5G broadcast* presso il *Museo della Radio e della Televisione Rai*

Nella realizzazione tecnica di questa soluzione, occorre tuttavia considerare che, anche se si utilizza una trasmissione in modalità *IP multicasting*, normalmente sul collegamento Wi-Fi il traffico dati a livello fisico è comunque instaurato in modalità punto-punto: per ciascun dispositivo che sottoscrive il flusso multicast l'*access point Wi-Fi* stima il link budget ed assegna un certo numero di portanti e slot temporali con una specifica modulazione. Di conseguenza, al crescere del numero di utenti collegati, la banda disponibile sulla rete Wi-Fi si esaurisce rapidamente, soprattutto se il canale trasmissivo non è sufficientemente ampio ed è necessaria una modulazione robusta.

Per ovviare a questo inconveniente, è stata utilizzata una soluzione in tecnologia *Wi-Fi multicast* appositamente sviluppata da *Global Invacom* sfruttando le nuove funzionalità introdotte nello standard *IEEE 802.11ac (wave 2)*. In particolare, tale soluzione prevede l'utilizzo di due componenti principali:

1. *un server* in grado di ricevere (ed eventualmente transcodificare) il segnale video in ingresso ed applicare un algoritmo di *FEC* (*Forward Error Correction*) a livello applicativo. Tale server ha anche il compito di configurare e monitorare il modem/router di trasmissione;
2. *un access-point Wi-Fi* il cui firmware è stato opportunamente modificato da *Global Invacom* in modo da trasmettere il *flusso IP* in modalità multicast anche a livello fisico.

Con questa soluzione il numero di terminali che possono ricevere contemporaneamente il flusso audio/video è virtualmente illimitato. In realtà, una limitazione esiste ed è dovuta sia all'estensione del raggio di copertura Wi-Fi (la distanza tra access point e terminale è dell'ordine di grandezza di alcune decine di metri; a sua volta dipende dalla banda di frequenze utilizzate, *2,5* o *5 GHz*, e dagli eventuali ostacoli presenti), sia al numero di terminali che possono essere associati contemporaneamente all'access point Wi-Fi (per motivi di memoria e di entità di traffico di segnalazione, negli apparati commerciali questo valore è limitato, ad es. a *256*). È comunque possibile aumentare il numero di utenti, che possono essere serviti contemporaneamente, mediante un accurato progetto della copertura Wi-Fi, utilizzando più access point in configurazione *mesh* e, se disponibili, più canali radio.

Fig. 10 – Trasmissione in *Wi-Fi multicast*

Nel caso in esame, il flusso video *5G Broadcast* ricevuto da Torino Eremo, prima di essere distribuito ai terminali mobili è stato transcodificato in formato *H.264* in modo tale da renderlo compatibile con tutti i terminali presenti in sala, in quanto i terminali meno recenti non supportano il formato *HEVC*. Sul flusso così ottenuto è poi stato applicato un algoritmo di *FEC* in grado di minimizzare gli errori in ricezione.

Per quanto riguarda, invece, la trasmissione dall'access-point Wi-Fi, è stata scelta una modalità di modulazione in grado garantire contemporaneamente una corretta ricezione anche da parte dei terminali d'utente più lontani e una banda adeguata al flusso video da trasmettere (i.e. *MCS1*, corrispondente a modulazione *QPSK 1/2* che consente di trasportare fino a circa *13 Mbit/s* su un canale da *20 MHz*).

Sui terminali in sala è stato necessario utilizzare una *APP*, disponibile per dispositivi Android e iOS, sviluppata dalla stessa *Global Invacom*, in grado di individuare il flusso Wi-Fi multicast trasmesso dall'access point associato e decodificarlo.

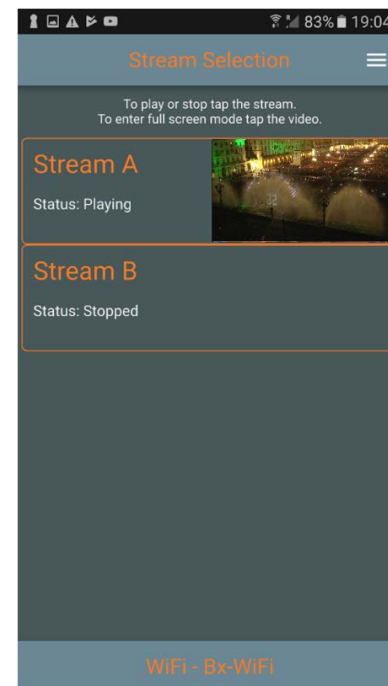



Fig. 11 – Ricezione in Wi-Fi multicast mediante *APP Global Invacom*

Bibliografia

[1] AA.VV., *Articoli vari*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno XLV, Numero 2 e 3, Dicembre 1996, http://www.crit.rai.it/eletel/Important/Anni1990/1996-2e3.pdf

[2] A. Bertella, S. Berto, S. Mina, M. Tabone, *DVB-T: test sul collegamento in ponte radio analogico St. Vincent-Gerdaz*, Relazione Tecnica Rai-CRIT N° 99/13, Marzo 1999

[3] P. B. Forni, S. Ripamonti, V. Sardella, *Sperimentazione pre-operativa DVB-T in area di servizio*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LI, Numero 1, Aprile 2002, pp 49-62, http://www.crit.rai.it/eletel/2002-1/21-2.htm

[4] A. Bertella, A. Gallo, S. Ripamonti, M. Tabone, *DVB-T2 e DVB-T2 Lite: la sperimentazione in Valle d'Aosta*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LXII, Numero 3, Dicembre 2013, pp. 12-34, http://www.crit.rai.it/eletel/2013-3/133-3.pdf

[5] G. Alberico, A. Bartella, S. Ripamonti, M. Tabone, *DVB-T2 LITE: exploiting broadcast HDTV networks for services to mobile receivers*, IBC Conference 2014, **DOI:** 10.1049/ib.2014.0007

[6] 3GPP TR 21.914 v14.0.0 (2018-05), *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Release 14 Description; Summary of Rel-14 Work Items (Release 14)*, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3179

[7] S. Ilsen, D. Rother, F. Juretzek, P. Brétillon, J. Seccia S. Ripamonti, *Tower overlay over LTE-Advanced+ (TOoL+) – Field trial results*, IEEE 5th International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin) 2015, **DOI:** 10.1109/ICCE-Berlin.2015.7391283

191_04a_1.01

a cura di Gino **Alberico**, Giorgio **Dimino** e Luca **Vignaroli**
Rai - Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione

5G-TOURS

Le funzionalità 5G agli utenti reali

Introduzione

Una delle caratteristiche principali delle future reti di comunicazione 5G sarà la capacità di supportare in modo efficiente una moltitudine di servizi con requisiti di rete anche molto diversi. Le reti 5G consentiranno agli operatori di rete di offrire contemporaneamente molteplici servizi ad *attori verticali* sulla stessa rete, consentendo un'allocazione flessibile delle risorse e adattando le capacità della rete ai requisiti di servizio. La maggior parte degli sforzi per valutare le reti 5G condotte finora dai settori pubblico e privato si è concentrata su singoli casi d'uso verticali, pertanto è emersa la necessità di valutare le prestazioni delle reti 5G su più casi d'uso. *5G-TOURS* mira a colmare questa lacuna dimostrando la capacità delle tecnologie 5G di supportare più casi d'uso verticali contemporaneamente sulla stessa infrastruttura.

I casi d'uso affrontati da *5G-TOURS* ruotano attorno alla vita in una città. L'obiettivo di questi casi d'uso è migliorare la qualità della vita dei cittadini e l'esperienza dei turisti che visitano la città, rendendo la città più attraente da visitare, più efficiente in termini di mobilità e più sicura per tutti. Durante il progetto, *5G-TOURS* dispiegherà tredici casi d'uso di interesse per turisti e cittadini attorno ai temi della città turistica, della città sicura e della città efficiente in termini di mobilità.

Il progetto

5G-TOURS implementerà trial end-to-end per portare le funzionalità 5G agli utenti reali in un gran numero di scenari rappresentativi.

Qui di seguito viene riportato l'insieme dei casi d'uso identificati e i requisiti iniziali provenienti dalle industrie verticali che sono considerati rilevanti per il progetto. I casi d'uso affrontati dal progetto sono raggruppati attorno a tre temi principali: la città turistica, la città sicura e la città efficiente in termini di mobilità. Mentre ogni sito di prova ruota attorno a uno dei temi (Torino è la *città turistica*, Rennes è la *città sicura* e Atene è la *città efficiente in termini di mobilità*), diversi casi d'uso incorporano aspetti di temi diversi, ad esempio, un'ambulanza comporta sicurezza e mobilità e un autobus con intrattenimento a bordo coinvolge turismo, media e mobilità.

All'interno del progetto sono affrontati i seguenti casi d'uso, raggruppati in base al tema:

1. *La città turistica*
   - Esperienza turistica aumentata (ATE)
   - Telepresenza
   - Guida museale assistita da robot
   - Distribuzione di servizi video di alta qualità
   - Produzione video remota e distribuita
2. *La città sicura*
   - Monitoraggio dell'integrità a distanza e notifica della situazione di emergenza
   - Teleguidance per la diagnostica e l'assistenza di intervento
   - Sala operatoria wireless (WOR)
   - Instradamento ottimale dell'ambulanza
3. *La città efficiente in termini di mobilità*
   - Gestione intelligente dei parcheggi aeroportuali
   - Veicoli mobili a terra potenziati con video
   - Evacuazione aeroportuale di emergenza
   - Escursione su un bus potenziato con realtà aumentata (AR)/realtà virtuale (VR)

Il progetto in dettaglio

Le specifiche 5G definiscono la prossima generazione di reti mobili, introducendo una varietà di nuove funzionalità di base come nuove bande di frequenza, nuove tecnologie di accesso radio e funzioni di rete virtualizzate. Tale tecnologia fornisce elevate velocità di trasferimento dati con bassa latenza su un'ampia area di copertura, un'enorme capacità di comunicazione di tipo *M2M* (*Machine to Machine*) e un'altissima affidabilità che consentirà un'esperienza a banda larga mobile illimitata. Tuttavia, il vero valore del 5G sta nel fatto che l'infrastruttura sarà flessibile, modulare e completamente programmabile, consentendo una rapida implementazione dei servizi fornendo funzionalità di rete su misura per i nuovi servizi. Queste caratteristiche della rete 5G consentono una transizione da un modello di fornitura di servizi *orizzontale*, in cui i servizi sono stati definiti in modo indipendente dai loro consumatori, verso un modello *verticale*, in cui i servizi forniti sono adattati a specifici settori industriali. Questa transizione della fornitura di servizi da *orizzontale* a *verticale* costituisce un cambiamento di paradigma che apre la porta ad applicazioni innovative in una varietà di mercati come ad esempio: città connesse, agricoltura intelligente, produzione intelligente, assistenza sanitaria connessa, Realtà Virtuale e veicoli autonomi.

Per sfruttare appieno il potenziale di questo cambiamento di paradigma, le reti 5G offrono, in base alla loro progettazione, la capacità di eseguire simultaneamente servizi con requisiti diversi sulla stessa rete. Sfortunatamente, ad oggi, tale capacità non è pienamente affrontata dal settore pubblico e privato che sta sperimentando e convalidando le capacità delle reti 5G. In questa direzione *5G-TOURS* mira a colmare questa lacuna per consentire ai vari *indicatori chiave di prestazione* (*KPI*) 5G di essere validati in maniera interdisciplinare e dimostrare la fattibilità di allocare simultaneamente più attori verticali di settore sulla stessa rete, sfruttando la *tecnologia di suddivisione* (*slicing*) delle risorse rete.

Come introdotto in precedenza, i casi d'uso affrontati dal progetto *5G-TOURS* ruotano attorno alla vita in una città. L'obiettivo è migliorare la qualità della vita dei cittadini e l'esperienza dei turisti che visitano la città, rendendo la città più attraente da visitare, più efficiente in termini di mobilità e più sicura per tutti. Questi casi d'uso sono stati pensati per soddisfare i seguenti obiettivi:

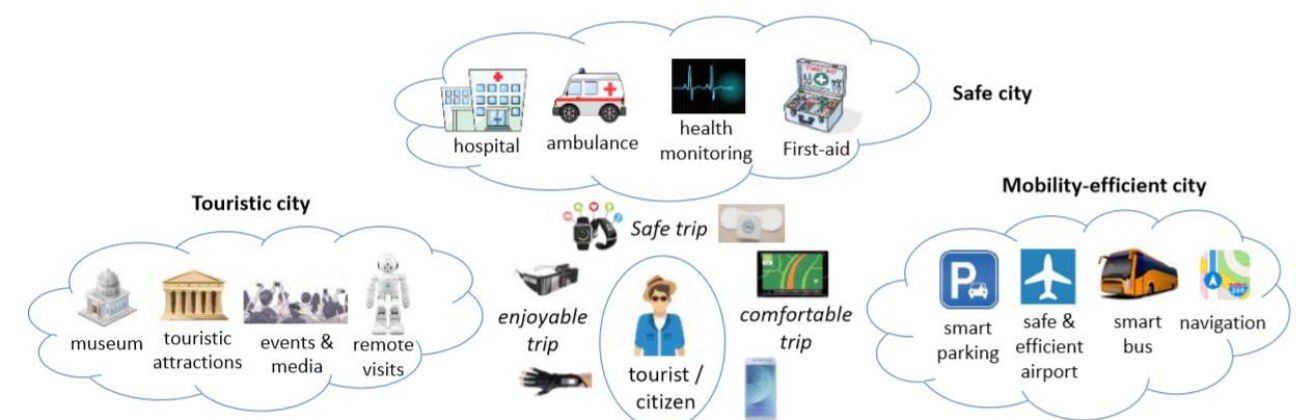
i. indirizzare applicazioni e requisiti che non potevano essere soddisfatti con le precedenti tecnologie cellulari, esaltando le caratteristiche e i vantaggi delle reti 5G;
ii. testare tutti i diversi tipi di *slice* di rete considerati dalla tecnologia 5G, ovvero *Enhanced Mobile Broadband* (*eMBB*), *Ultra Reliable Low Latency Communication* (*URLLC*) e comunicazioni di tipo *Massive Machine Type Communication* (*mMTC*), evidenziando la versatilità delle reti 5G per soddisfare molteplici esigenze;
iii. portare domini applicativi diversi con esigenze diverse nella stessa infrastruttura, mostrando la capacità delle reti 5G di rispondere a requisiti diversi e, forse, anche contraddittori nell'ambito della stessa piattaforma;
iv. rappresentare le esigenze di una grande varietà di *attori verticali* per illustrare il potenziale impatto del 5G sulla nostra società.

Si osservi che i settori affrontati dai casi d'uso del *5G-TOURS* sono un pilastro fondamentale dell'economia europea, in quanto rappresentano circa il 30% del prodotto interno lordo (PIL) europeo e rappresentano oltre il 50% delle attività che sarà generato attorno alle industrie nel 5G. Pertanto, l'obiettivo di *5G-TOURS* è anche quello di mostrare come una notevole quota del PIL europeo potrebbe essere supportata e migliorata dalla tecnologia 5G.

I casi d'uso

Per raggiungere questa visione del miglioramento della qualità della vita guidata dal 5G per turisti e cittadini, i casi d'uso decorati da *5G-TOURS* sono raggruppati attorno a tre temi principali che rappresentano diversi aspetti della città:

1. **la città turistica**: dove è previsto che i visitatori dei musei e delle attrazioni all'aperto utilizzino applicazioni abilitate ai servizi 5G per migliorare la loro esperienza durante la visita della città. Tali servizi includono applicazioni di Realtà Virtuale e Realtà Aumentata per integrare la tradizionale visita fisica delle attrazioni turistiche con contenuti aggiuntivi. L'esperienza dei visitatori sarà inoltre migliorata con servizi robotizzati e di telepresenza per consentire visite remote, nonché eventi dal vivo ripresi da troupe remote mobili come concerti con la relativa distribuzione broadcast dei contenuti. I casi d'uso delle città turistiche che si concentrano sulla trasmissione dei media saranno dimostrati a Torino (Italia);
2. **la città sicura**: la tecnologia 5G migliorerà notevolmente la sicurezza in città fornendo mezzi per migliorare l'assistenza sanitaria in tutte le fasi di un eventuale gestione di incidenti, che vanno dal monitoraggio sanitario, alla prevenzione e la diagnosi precoce , alla diagnosi e all'intervento in ambulanza e alla chirurgia in sala operatoria dell'ospedale. I casi d'uso avranno base a Rennes (Francia);
3. **la città efficiente in termini di mobilità**: in cui, tramite l'uso della rete 5G, raggiungere luoghi e spostarsi all'interno della città sono resi più efficienti e confortevoli, immergendo gli utenti in un ambiente di città intelligente, raccogliendo informazioni sulla città e utilizzare i dati per migliorare i sistemi di navigazione e il parcheggio degli autoveicoli. Viaggiare è anche reso più piacevole fornendo servizi di AR/VR ai passeggeri degli aeroporti che diventano logisticamente più efficienti facendo affidamento sui servizi e la rete 5G. La città efficiente in termini di mobilità porterà i servizi 5G agli utenti in movimento così come ai fornitori di servizi relativi ai trasporti. tali casi d'uso saranno dimostrati ad Atene (Grecia).

Come si può notare dalla breve descrizione, tutti i casi d'uso previsti dal progetto *5G-TOURS* fanno ampio uso delle tre caratteristiche principali che le tecnologie 5G porteranno alla portata degli utilizzatori ovvero, *comunicazioni avanzate a banda larga mobile*, *comunicazioni ultra affidabili e a bassa latenza* e *massicce comunicazioni di tipo macchina-macchina*, dimostrando le molteplici esigenze in termini di miglioramento delle prestazioni e della flessibilità dell'architettura, permettendo ai servizi di essere supportati dalla stessa infrastruttura in ogni città.

Per saperne di più

5G-TOURS – HORIZON 2020 project, http://5gtours.eu/ (ultimo accesso 09/12/2019)

5GCity

Il cloud ai confini della rete

Introduzione

La sempre più grande diffusione di servizi multimediali che utilizzano video ad *altissima definizione* (*UHD/4k*) e che propongono un'elevata *immersività*, grazie alla *realtà virtuale* (VR) e alla *realtà aumentata* (AR), richiederà la realizzazione di infrastrutture e servizi di rete che siano scalabili, accessibili ovunque, robusti e con adeguate prestazioni in termini di copertura, elevata capacità e bassa latenza.

In questo contesto, il **progetto H2020 5GCity** si è posto come obiettivo quello di realizzare una soluzione completa progettando, sviluppando e implementando una *piattaforma 5G Cloud/Edge* e *Radio* affidabile, distribuita e con capacità di *Neutral Hosting* in grado di garantirne la condivisione tra i *proprietari di infrastrutture IT* e *i fornitori di servizi in ambito media*. Il progetto sfrutta i vantaggi della *tecnologia 5G* e del *modello di Neutral Host* per agevolare la nascita di casi d'uso che puntino ad un utilizzo evoluto dei media. La piattaforma realizzata è *aperta*, *multi-tenant* e permette di estendere il modello *cloud* fino ai confini della rete; è stata implementata in tre diverse città: *Barcellona*, *Bristol* e *Lucca*.

Uno dei principali vantaggi offerti dalle infrastrutture abilitate al 5G è l'evoluzione delle modalità di condivisione della rete, modalità che superano i tradizionali modelli di condivisione dell'infrastruttura e della rete centrale. I modelli di condivisione della rete diventano, in effetti, uno dei principali pilastri delle reti 5G, accelerando l'evoluzione verso la *virtualizzazione* e la *cloudizzazione* della rete. La flessibilità offerta da tecnologie quali il *Software Defined Networking* (*SDN*) e la *Network Function Virtualization* (*NFV*) può essere impiegata per sviluppare *framework virtuali* all'interno della stessa infrastruttura fisica. Inoltre, il 5G consente di spostare più vicino agli utenti le risorse di elaborazione e di archiviazione, sfruttando la distribuzione di nodi *MEC* (*Multi-Access Edge Computing*) al fine di ridurre la latenza e l'aggregazione del traffico richieste da molti servizi digitali tipicamente utilizzati dall'industria dei media.

In definitiva, il 5G non solo fornirà velocità di trasmissione più elevate e latenza inferiore rispetto ai suoi predecessori, ma consentirà anche soluzioni personalizzabili e flessibili per i settori delle telecomunicazioni.

La tecnologia offerta da *5GCity* e la piattaforma di *Neutral Host* miglioreranno i vantaggi chiave delle reti 5G per i fornitori e i consumatori di servizi multimediali di prossima generazione, integrando *cloud*, *Edge Computing* e *piattaforma radio* e allineandosi perfettamente con le *reti 5G* e con il modello *Neutral Host*.

Nuovi servizi media

L'avvento dell'*UHD/4K*, dei *servizi di realtà immersiva* e la crescente domanda di produzione e distribuzione di contenuti audiovisivi multi-piattaforma e multi-device richiedono maggiore flessibilità e larghezza di banda. In questo contesto, il *protocollo Internet* (*IP*) diventa abilitante per una convergenza tra video, metadati e dati e per l'integrazione di tecnologie informatiche anche nel settore della radiodiffusione.

La piattaforma 5GCity

L'attuazione di tutti gli aspetti tecnici descritti finora è stata realizzata dai partner del progetto nella **piattaforma 5GCity**, una suite di software che consente la gestione completa del ciclo di vita dei *servizi di rete end-to-end*. La *piattaforma 5GCity* è composta dai seguenti elementi principali:

- **5GCity Orchestrator**: è l'entità principale della piattaforma, che gestisce la gestione completa del ciclo di vita dei servizi di rete, fornendo il grado adeguato di astrazione tra le risorse esposte dal livello hardware e i servizi previsti per gli utenti finali;
- **5GCity Dashboard**: è la principale interfaccia operativa che consente agli utenti *5GCity* (provider verticali o di servizi) di allocare dinamicamente i servizi sulle risorse di rete disponibili (*slice*);
- **5GCity VIM**: sono le entità che agiscono da intermediario tra l'orchestratore e le risorse fisiche situate a vari livelli (*Core VIM* per livello di data center, *Edge VIM* per livello di rete e *Edge esteso* per livello di dispositivo);
- **5GCity NFVI**: sono layer distribuiti nel pool di risorse hardware e fungono da agente per la configurazione della gestione delle risorse fisiche (sui tre livelli, analogamente ai *VIM*);
- **SDN controller**: forniscono adeguate operazioni sul piano di controllo.

Per poter implementare con successo la *piattaforma 5GCity*, un'infrastruttura urbana deve soddisfare i seguenti requisiti:

- pool centrale di risorse hardware (elaborazione e archiviazione);
- uno o più pool di risorse hardware distribuite ai margini della rete;
- una rete di comunicazione ad alta velocità che può collegare diversi pool di risorse;
- uno o più punti di accesso radio (punti di accesso *Wi-Fi* o *LTE Small Cells*) che garantiscono la connettività 5G all'utente.

I Casi d'uso

Per dimostrare i vantaggi dell'approccio *5GCity* per i fornitori di infrastrutture e per i fornitori di contenuti *UHD/4K* e *AR/ VR*, sono stati definiti diversi casi d'uso riguardanti il settore *Media&Entertainment* che sono stati validati su tre test-bed in altrettante città europee: *Barcellona*, *Bristol* e *Lucca*.

Nell'ambito delle sperimentazioni pilota sono stati integrati e testati diversi processi di interesse per una media company, concentrandosi, principalmente, sull'*acquisizione*, l'*editing* e la *distribuzione* di contenuti audiovisivi. Le tre sottosezioni seguenti descrivono i tre casi d'uso (*Use Case*) e le relative modalità di distribuzione basate sulla *piattaforma 5GCity*.

Use Case #1
Acquisizione video real time e produzione su edge

Durante gli eventi sportivi e musicali sono sempre di più le persone che usano il proprio smartphone per condividere i momenti migliori dello spettacolo con i propri amici. Questa tipologia di applicazioni, oltre ad avere un elevato valore commerciale e un notevole impatto sul coinvolgimento degli utenti, presenta anche requisiti di *QoS/QoE (Quality of Service/ Quality of Experience)* critici (ad esempio *latenza*, *risoluzione video*, *numero di utenti*) e la necessità di un'infrastruttura di rete flessibile e dinamica.

Tali applicazioni comportano diverse sfide, come ad esempio:

- la necessità di garantire un mezzo di comunicazione diretto, efficiente ed efficace tra organizzatori di eventi e utenti, utilizzando gli smartphone e l'infrastruttura di rete disponibile, indipendentemente dalla tipologia e dal formato del contenuto che si intende creare;
- la necessità di ricevere, selezionare ed elaborare in tempo reale i diversi flussi video in modo elastico, per gestire diversi tipi di folle e propagare il flusso video alla stazione TV in modo che possa essere ulteriormente distribuito nel più breve tempo possibile.

191_04b_1.04

Progetti al CRITS

Questo caso d'uso mostra anche come i proprietari di infrastrutture possono monetizzare i loro investimenti in *IT* e *connettività* noleggiando queste risorse ad entità terze che richiedono connessioni dedicate con una serie di prestazioni di rete specifiche durante eventi specifici. Lo scenario previsto è ben noto ai fornitori di servizi dei media in quanto è sempre richiesta una capacità di throughput aggiuntiva sul collegamento di primo raggio durante eventi affollati.

Use Case #1 Implementazione

Tramite la piattaforma *5GCity*, diverse sezioni di rete dedicate vengono distribuite in modo *NFV*, offrendo collegamenti dedicati a *2-8 Mbps* in un ambiente *multi-RAT (Radio Access Technologies)*. Con queste reti di accesso, gli utenti finali saranno in grado di connettersi a diversi punti di accesso *WiFi* e persino a piccole celle *LTE/5G* e sfruttare il collegamento di comunicazione a bassa latenza tra le applicazioni e quelle in esecuzione nella rete centrale di *5GCity*. I flussi video in *crowdsourcing* (ad es. dai telefoni cellulari dell'utente finale) saranno pre-elaborati sull'*edge* della rete prima di essere trasmessi tramite un collegamento da *1 Gbps* al *core* o ad un altro *data center* o *nodo MEC*.

Use Case #2
Distribuzione video UHD e servizi immersivi

Questo caso d'uso è progettato per coprire le esigenze delle aziende dei media sia nella *produzione* che nel campo della *distribuzione* dei servizi, sfruttando il potenziale della rete 5G in termini di velocità di trasferimento dei dati, di bassa latenza, di elevato numero di dispositivi connessi e di capacità di orchestrazione intelligente di reti virtualizzate.

Un punto chiave della soluzione tecnica è l'interazione della rete con *oggetti intelligenti* utilizzati quotidianamente nella distribuzione di video *UHD* e di *contenuti immersivi*, includendo dispositivi classici di acquisizione video e nuovi oggetti come droni e telecamere a 360°.

Inoltre, per la distribuzione di servizi e applicazioni agli utenti finali il broadcaster potrà sfruttare una vasta gamma di dispositivi che stanno entrando nel mercato di consumo, vale a dire *Smart TV*, *smartphone di nuova generazione* e *dispositivi indossabili* dagli spettatori, per fruire dei servizi in *realtà virtuale*, *realtà aumentata* o *mista*.

Use Case #2 Implementazione

Per sfruttare le capacità di rete richieste per supportare questo tipo di dispositivi e la loro interconnessione con le reti 5G, **Rai** e i partner italiani nel progetto *5GCity* hanno coperto alcuni grandi eventi nella città di Lucca (*Lucca Summer Festival backstage, Lucca Comics and Games*) con una serie di servizi come distribuzione video *4K/HDR* (*High Dynamic Range*) ed esperienze immersive. In particolare il *Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione (CRITS) Rai* in collaborazione con il *Centro di Produzione TV di Torino* ha realizzato appositamente alcuni prodotti audio-video innovativi:

- un *video 4K/HDR promozionale* del *progetto 5GCity*;
- una *visita virtuale immersiva* del *Museo Casa Giacomo Puccini* con un video 360° interattivo navigabile su PC oppure fruibile tramite smartphone o visori per realtà virtuale;
- una *visita turistica in realtà aumentata* fruibile tramite *visore Hololens* di alcuni luoghi tipici della città di Lucca (*Torre Guinigi*, *Piazza Anfiteatro*).

Tali applicazioni permettono, ad esempio, al turista che si sposta in città di ottenere contenuti aggiuntivi relativi all'ambiente circostante (monumenti, oggetti e così via) utilizzando smartphone o dispositivi simili a *VR/AR/MR*. Tramite l'utilizzo di *algoritmi di Visual Search* è possibile abbinare immagini o video catturati dall'utente, che si trova davanti a edifici, statue e dipinti, a contenuti di arricchimento presenti nei database. È quindi possibile recuperare automaticamente contenuti aggiuntivi, ad esempio dagli archivi televisivi, sotto forma di *video 2D*, *video panoramico* e *modelli 3D* che aumenteranno la realtà in cui l'utente è immerso.

Per sfruttare e testare le funzionalità di orchestrazione offerte dalla *piattaforma 5GCity*, gli *algoritmi di Visual Search* già nella disponibilità del *CRITS* sono stati riconfigurati ed adattati per essere eseguiti sulle *Virtual Machine* implementate nei nodi delle infrastrutture 5G presenti nelle varie città.

Use Case #3
Trasmissione mobile in tempo reale

Tutti i broadcaster televisivi utilizzano per le riprese di eventi in esterna quella che in gergo viene chiamata *unità zainetto* per la contribuzione di segnali video da aree remote. Attualmente le *unità zainetto* sfruttano l'affasciamento di più connessioni 4G (SIM-multiple) per trasmettere il segnale video agli studi per le successive elaborazioni.

Questo tipo di tecnologia, già in uso con le reti attuali, soffre spesso di limitazioni, per esempio in aree molto affollate oppure remote, in quanto gli operatori di rete non sono sempre in grado di garantire la copertura, la connettività o la capacità trasmissiva necessaria. Pertanto in situazioni che richiedono qualità e garanzia del collegamento i broadcaster televisivi si affidano ancora alla *tecnologia satellitare*, nonostante i vincoli che essa pone, ovvero una minor flessibilità (spostamento di un mezzo mobile, prenotazione della capacità satellitare) e un costo elevato della risorsa satellitare

Use Case #3 Implementazione

In questo caso d'uso si è visto come l'architettura *5GCity* possa migliorare e garantire la capacità trasmissiva disponibile nelle *dirette live* (trasmissione in tempo reale) sfruttando la flessibilità delle reti 5G. Infatti la *piattaforma 5GCity* consente l'*aumento delle prestazioni per le connessioni live*, la *definizione di slice specifiche con un QoS garantito* e, laddove necessario, l'*abilitazione delle funzionalità di elaborazione dei computer per la produzione di contenuti video sull'edge della rete*. Queste tecnologie di *edge computing* riducono gli alti costi di produzione degli eventi *multi-camera live*.

Realtà aumentata tramite visore Hololens

Riconoscimenti

Il *progetto 5GCity* ha ricevuto finanziamenti dal *Programma di Ricerca e Innovazione H2020* dell'Unione Europea nell'ambito della convenzione di sovvenzione n. 761508.

Per saperne di più

5GCity – HORIZON 2020 project, ***https://www.5gcity.eu/*** (ultimo accesso 18/12/2019)

C. Colman-Meixner e altri, *5G City: A Novel 5G-Enabled Architecture for Ultra-High Definition and Immersive Media on City Infrastructure*, in "2018 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)", Valencia, Giugno 2018, pp. 1–5, **DOI:** ***10.1109/BMSB.2018.8436813***

A. Albanese e altri, *Deploying a Novel 5G-Enabled Architecture on City Infrastructure for Ultra-High Definition and Immersive Media Production and Broadcasting*, in "IEEE Transactions on Broadcasting", Volume: 65 , Issue: 2, Giugno 2019, pp. 392 - 403, **DOI:** ***10.1109/TBC.2019.2901387***

191_04c_1.00

MiSE

Sperimentazione 5G a Bari-Matera

Nel 2017 il *Ministero dello Sviluppo Economico MiSE* ha indetto un bando per la sperimentazione 5G, nella banda di frequenze *3,7-3,8 GHz*, in diverse aree:

- Area 1: Area metropolitana di Milano
- Area 2: Prato e L'Aquila
- Area 3: Bari e Matera

Il progetto nell'*area 3* (Bari-Matera) vede la partecipazione di *TIM/Fastweb/Huawei* come capofila di un consorzio di circa 50 partner, tra industrie, Università, Aziende sanitarie e Comuni. **Rai** partecipa alla sperimentazione tramite *RaiWay*.

Rai e *RaiWay* si posizionano come attori verticali allo scopo di sperimentare l'impatto che la nuova generazione di rete 5G avrà sui flussi di produzione e distribuzione esistenti in azienda. In particolare, all'interno dei vari ambiti applicativi previsti dal consorzio (*Smart City*, *Smart Port*, *Sanità 5.0*, *Industria 4.0*, *Public Safety*, *Mobilità e Sicurezza stradale*, …), le principali aree di interesse sono:

- **Media** – *Realtà virtuale*: servizi per la contribuzione e la distribuzione di contenuti multimediali avanzati (Video 4K e Virtual Reality) sia nel caso di *eventi live* che in configurazioni di *Remote Production*;
- **Turismo e Cultura**: applicazioni per *visite virtuali* a Chiese e Musei, visite con Guida virtuale (esperienza multi-player) e applicazioni di *Realtà aumentata*.

Obiettivo della sperimentazione è analizzare il possibile utilizzo delle potenzialità della rete 5G in termini di velocità di trasferimento dei dati, bassa latenza ed elevato numero di dispositivi collegati, ed anche della virtualizzazione e orchestrazione che l'ecosistema 5G metterà a disposizione.

È in corso la realizzazione di una piattaforma tecnologica *end-to-end* che permetterà di valutare le prestazioni della rete 5G sia per servizi destinati al pubblico (*4K*, *3D*, *realtà immersiva*, *viewing-angles*, *interazione utenti in diretta col programma*, …) sia per applicazioni *B2B* come, ad esempio, i servizi di ausilio alla produzione televisiva e multimediale (evoluzione delle funzionalità degli attuali *zainetti* alle caratteristiche 5G di alta capacità, bassa latenza e QoS).

L'impatto atteso sulle attività di produzione televisiva è quello di un miglioramento della qualità e flessibilità delle riprese in molteplici contesti, dalle news agli eventi live, e di un'ottimizzazione delle attività coinvolte nell'attuale workflow produttivo con l'introduzione di elementi di *remote production*.

Per quanto riguarda il lato servizi e applicazioni per gli utenti finali, il broadcaster potrà sfruttare un'ampia gamma di dispositivi che si trovano o si stanno affacciando sul mercato consumer, TV connessi ma anche smarthphone di nuova generazione, apparati wearable fino ad arrivare ai visori per realtà virtuale/aumentata/mixed per fornire nuove esperienze agli utenti, ad oggi difficili da prevedere, che costituiranno una sfida tecnica, editoriale e creativa da affrontare nei prossimi anni.

In questo modo la rete 5G viene sfruttata sia per la produzione e la gestione dei servizi erogati, sia per la distribuzione dell'esperienza multimediale agli utenti, esperienza che non sarà solo video ma una forma di intrattenimento che sfrutterà le poten-

zialità offerte dai dispositivi di nuova generazione.

La realizzazione della piattaforma *end-to-end* vede coinvolti, oltre naturalmente a *RaiWay*, il *Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione* e la *Direzione CTO-Tecnologie*.

Gli scenari d'uso attualmente in corso di realizzazione riguardano un'ipotetica copertura televisiva di un evento all'aperto tramite:

- **Remote Production**: riprese in un contesto strutturato con l'impiego di telecamere *HD/UHD* in grado di generare uno *streaming IP* per l'interfacciamento verso la rete 5G, ricevibile da una regia remota *all-in-one* su flight case. La sperimentazione prevede la realizzazione di un'infrastruttura IP che si interfaccia con la rete 5G e che permette, con appositi apparati di aggregazione su IP di segnali audio-video e controlli, di remotare non solo i segnali audio-video, ma anche i controlli camera, le segnalazioni (*tally*) e l'audio di coordinamento per gli ordini di regia (*intercom*). Al fine di salvaguardare la latenza minima e la qualità tecnica, i segnali audio-video saranno codificati ad alto bit rate per la trasmissione dei contenuti a qualità broadcast: si ipotizza di utilizzare sulla rete 5G una banda complessiva di circa *200 Mbps*, con flussi video da *80 Mbps* codificati *JPEG-2000*. I flussi saranno quindi ricevuti da apparati installati presso i *Centri di Produzione TV* di Rai per il collegamento alla regia che sarà utilizzata per la produzione del programma.
- **Riprese in mobilità**: utilizzo di camcorder tipo professionale *UHD/4K*, dotati di kit di contribuzione costituito da *encoder video* in alta qualità (codifiche *H.264/H.265*) e *modem 5G* (si ipotizza l'uso di un sistema ultraleggero *a zainetto* da collegare al camcorder).

In questo scenario la rete 5G consente, con le caratteristiche native di elevata capacità trasmissiva e bassa latenza, un'efficace trasporto dei contenuti video ad alta qualità fino alla regia locale o eventualmente ad un *POP* per la connessione in fibra ottica fino al *Centro di Produzione TV* di Rai in cui sarà ubicato l'*head-end* OTT.